

TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

VIENNA  
UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY

# DIPLOMARBEIT

**Master's Thesis**

**Bauen im alpinen Gelände**

Constructing in Alpine Terrain

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs  
unter der Leitung von

**Univ.Prof. DI Dr.techn. Hans Georg Jodl**

und als verantwortlich mitwirkendem Assistenten

**Univ. Ass. DI Andreas Jurecka**

am

**Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement**

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Karoline Bertle**

**9825057**

Kronengasse 6  
A – 6780 Schruns

Schruns, im Oktober 2008

.....  
(Karoline Bertle)

## **Vorwort**

Während meines Studiums hatte ich oft die Möglichkeit, bei Exkursionen Baustellen zu besuchen. Besonders bei Baustellenbesuchen in eher unzugänglichen Lagen war ich überrascht, wie unter den besonders schwierigen äußeren Bedingungen Bauwerke errichtet wurden und wie die Erfahrungen der daran Beteiligten mit großer Begeisterung an uns weitergegeben wurden. Angesteckt von dieser Begeisterung, habe ich mich entschlossen, mich mit diesem Thema in meiner Diplomarbeit zu beschäftigen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir es ermöglicht hat, mein Bauingenieurstudium durchzuführen und auch zu beenden, meinen Kindern Marlene und Balthasar, die mir durch viele schlaflose Nächte dazu verhalfen, meine Diplomarbeit gedanklich zu ordnen.

Mein Dank gilt auch den angeschriebenen Firmen für die Beantwortung der Fragebögen sowie meinen Ansprechpersonen bei den Baugeräteherstellern und Bauunternehmen.

## **Kurzfassung / Abstract**

Bauen im alpinen Gelände

---

Karoline Bertle

Das Bauen im alpinen Gelände stellt eine große Herausforderung an alle Beteiligte dar. Die im Gebirge anzutreffenden Umgebungsbedingungen sind für die Planung sowie die Ausführung von Bauprojekten von wesentlich größerem Einfluss, als dies bei vergleichbaren Projekten in niederen Lagen der Fall ist.

In dieser Arbeit wird ein Überblick über die Umgebungsbedingungen und Erschwernisse bei Projekten im alpinen Gelände gegeben, und es werden deren Einflüsse auf die Planung sowie die Bauausführung dargestellt. Um einen allgemeinen Einblick über das Baugeschehen im alpinen Gelände zu erhalten, wurde ein Fragebogen ausgearbeitet, dessen Ergebnisse in Kapitel 11 ausgewiesen sind.

Die ersten Kapitel beschäftigen sich mit den klimatischen Rahmenbedingungen und deren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit von Mensch und Maschine, den möglichen Naturgefahren und Schutzvorkehrungen gegen diese sowie den gesetzlichen Rahmenbedingungen der Projektabwicklung.

Zuletzt werden diese Einflüsse und deren Auswirkungen in Bezug auf die Planung und den Bauablauf erörtert.

Ohne vorausschauende Planung und die Berücksichtigung der im alpinen Gelände anzutreffenden Gegebenheiten kann ein Bauvorhaben nicht zufrieden stellend realisiert werden. Im Speziellen sind die Auswahl der Arbeitnehmer in Hinblick auf die Einsatzbedingungen, ein entsprechender Geräteeinsatz auf Grund der Höhenlage und der vorherrschenden Temperaturen sowie die Berücksichtigung von möglichen Naturgefahren und der Schutz vor diesen von großer Bedeutung.

## **Abstract**

### Constructing in Alpine Terrain

---

Karoline Bertle

Constructing in alpine terrain is a great challenge for all participants of a project. Natural conditions of alpine terrain have a much greater influence on the design and execution of constructions than if they are situated at a lower altitude.

This thesis gives an overview of the environmental conditions and the difficulties concerning constructions in alpine terrain. Furthermore, their influences on the design and execution of constructions are shown. In order to obtain general information of building activities in alpine regions, a questionnaire was elaborated whose results are presented in chapter 11.

The first chapters describe the climatic parameters and their influence on the efficiency of machines and the performance of human beings as well as possible natural dangers and feasible safety measures against such dangers. Also, the legal framework for the execution of projects is given.

Finally, the effects of the above mentioned variables on the design and building processes are discussed.

Building projects cannot be realised satisfactorily without a farsighted design and without taking into account the local specifics of the alpine terrain. The fundamental significance is the choice of employees in relation to the working conditions, the adequate selection of required machinery with respect to the altitude and to the prevailing temperatures as well as considering natural dangers and feasible safety measures against such dangers.

## Abkürzungsverzeichnis

VIW	Vorarlberger Illwerke AG
EWA	Energie- und Wirtschaftsbetriebe der Gemeinde St. Anton GmbH
IG, TU Wien	Institut für Ingenieurgeologie, Technische Universität Wien
SLF	Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung
Ü.A.	über Adria (Meeresspiegel)
z.B.	zum Beispiel
etc.	und so weiter
vgl.	vergleiche
EUB	Einseilumlaufbahn
LVS-Gerät	Lawinenverschüttetensuchgerät
StVO	Straßenverkehrsordnung
KatHDG	Katastrophenhilfsdienstgesetze
LGBl	Landesgesetzblatt
BGBl	Bundesgesetzblatt
RGBl	Reichsgesetzblatt
idgF.	in der geltenden Fassung
idF	in der Fassung
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
WBFG	Wasserbautenförderungsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
UVP-G	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz
ASV	Amtssachverständiger
AN	Arbeitnehmer

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
Kurzfassung / Abstract	2
Abstract	3
Abkürzungsverzeichnis	4
Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung	8
2 Arten von Bauten im alpinen Gelände	9
2.1 Infrastruktur	9
2.1.1 Straßen	9
2.1.2 Wasserver- und Entsorgungsleitungen	11
2.1.3 Funk- und Telekommunikationseinrichtungen	11
2.2 Elektrizitätswirtschaft	11
2.3 Tourismus	15
2.3.1 Hochbauten im Allgemeinen	15
2.3.2 Erd- und Tiefbauarbeiten	16
2.4 Schutzbauten	19
3 Klimaeinflüsse	20
3.1 Luftdruck	20
3.2 Lufttemperatur	21
3.3 Wind	23
3.4 Nebel	25
3.5 Niederschlag	25
3.6 Globalstrahlung	26
4 Naturgefahren und Schutzvorkehrungen	27
4.1 Gewitter	27
4.1.1 Blitzschlag	28
4.1.2 Schutzvorkehrungen gegen Blitzschlag	28
4.1.3 Verhalten bei Gewitter	29

---

4.2	Steinschlag	30
4.2.1	Schutzvorkehrungen gegen Steinschlag	30
4.3	Muren	32
4.3.1	Schutzvorkehrungen gegen Muren	32
4.4	Lawinen	33
4.4.1	Schutzvorkehrungen gegen Lawinen	34
4.4.2	Verhalten bei Lawinenabgängen	36
4.5	Gletscherspalten	37
4.5.1	Schutzvorkehrungen bei Gletscherspalten	37
5	Leistungsfähigkeit von Maschinen	38
5.1	Einflussfaktoren	38
5.2	Motoren	39
5.2.1	Dieselmotoren	39
5.2.2	Elektromotoren	41
5.3	Kompressoren	43
6	Leistungsfähigkeit des Menschen	45
6.1	Medizinische Grundlagen, Höhenphysiologie	45
6.1.1	Atmungsregulation	45
6.1.2	Blut und Kreislauf	46
6.1.3	Thermoregulation	47
6.2	Höhenkrankheit	47
6.2.1	Höhenstörung	48
6.2.2	Akute Bergkrankheit	48
6.2.3	Akklimatisation	48
6.3	Flüssigkeitsverlust	49
6.4	Wärmeverlust	50
6.5	Auswirkungen und Leistungsminderung	51
6.6	Psychologische Aspekte	51
7	Gesetzliche Grundlagen	52
7.1	Arbeitsrechtliche Vorschriften	52
7.2	Baurechtliche Vorschriften	56
7.3	Wasser-, natur-, umweltschutz- sowie forstrechtliche Vorschriften	57

---

8 Auswirkungen auf die Planung	59
8.1 Objektplanung	59
8.2 Baubetriebliche Planung	60
9 Auswirkungen auf die Baustelleneinrichtung	61
9.1 Material- und Personentransport	61
9.2 Wasserversorgung und –Entsorgung	65
9.3 Stromversorgung	66
9.4 Lagerflächen	66
9.5 Krane	67
9.6 Gebäude	69
9.7 Kommunikations- und Alarmierungseinrichtungen	70
10 Auswirkungen auf den Baubetrieb	72
10.1 Zugänge und Zufahrten	72
10.2 Lagerhaltung	74
10.3 Betonversorgung	74
10.4 Schlechtwetter / Naturereignisse	75
10.5 Winterbetrieb	76
10.6 Geräteleistung und Sonderaufwendungen	77
10.7 Arbeitsleistung des AN	78
11 Fragebogen	80
11.1 Allgemeine Angaben	81
11.2 Versorgung der Baustelle	87
11.3 Umwelteinflüsse und Sicherheitsvorkehrungen	93
11.4 Leistungsfähigkeit	99
11.5 Zusammenfassung des Fragebogen	104
12 Zusammenfassung	105
Quellenverzeichnis	107
Bildquellen	108
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	109
Anhang	112

## 1 Einleitung

Schon seit jeher wurde unter besonderen Bedingungen in alpinen Bereichen gebaut. Schon ca. 1000 v.Chr. wurden Verbindungswege über die Alpen (Säumerwege) angelegt. Die Römer bauten die ersten Alpenpässe für Fuhrwerke aus. Seit dem letzten Jahrhundert sind der Bau von Anlagen zur Elektrizitätsgewinnung (Speicherseen, Stollenanlagen) und der Bau von Seilbahnanlagen sowie verschiedener Hochbauten für die touristische Nutzung in den Vordergrund getreten. Der „Alpine Raum“ gewinnt immer mehr an wirtschaftlicher Bedeutung.

Das Bauen im alpinen Gelände stellt eine große Herausforderung an alle Beteiligte dar. Die im Gebirge anzutreffenden Umgebungsbedingungen sind für die Planung sowie die Ausführung von Bauprojekten von wesentlich größerer Bedeutung, als dies für vergleichbare Projekte in gewohnten Höhenlagen der Fall ist.

Im folgenden wird auf die Grundlagen, Problematik und Lösungsvorschläge für das Bauen im alpinen Gelände eingegangen. Mit „Alpinem Gelände“ ist hiermit nicht nur, wie in anderen Definitionen, eine bestimmte Höhenlage gemeint. Vielmehr ist das Zusammenspiel mehrerer Komponenten entscheidend. Hierzu gehören die Höhenlage, die Situierung im Gelände, die Erreichbarkeit und die Erschließung sowie besondere Umwelteinflüsse und -gefahren.

Diese Arbeit soll als Hilfestellung und Gedankenanstoß für das Bauen im alpinen Gelände verstanden werden. Es ist nicht die Absicht, auf alle auftretenden Fragen eine passende Antwort zu geben – was auch nicht möglich ist –, vielmehr soll eine vorausschauende Planung und Ausführung unterstützt werden.

## 2 Arten von Bauten im alpinen Gelände

Grundsätzlich finden sich im alpinen Gelände dieselben Bauten (mit Ausnahme der Schutzbauten) wie in normalen Höhenlagen bzw. flachem Gelände. Allerdings spielen die örtlichen Gegebenheiten, die klimatischen Bedingungen und rechtlichen Vorgaben bei der Planung und dem Bau eine größere Rolle. Gemäß ihrer Funktion können die Bauten in die unten angeführte Gruppen unterschieden werden:

### 2.1 Infrastruktur

Unter Infrastrukturbauten werden in dieser Arbeit Bauten für das Straßennetz (Erschließungsstraßen, Forst- und Güterwege, Versorgungsstraßen), Wasserver- und -entsorgungsleitungen sowie Funk- und Telekommunikationseinrichtungen zusammengefasst.

#### 2.1.1 Straßen

##### Straßen des niederen bis übergeordneten Verkehrsnetzes

Bedingt durch die schon vorhandene Dichte des öffentlichen Straßennetzes in Österreich kommt es in diesem Bereich nur noch zu geringen Neuerschließungen. Der größte Teil der Bautätigkeit beschränkt sich in diesem Bereich des Straßennetzes auf Sanierungsarbeiten, insbesondere auf die Erneuerung der Asphaltfahrbahnen.

Als Beispiel sei hier die Öztaler Gletscherstraße in Sölden genannt, die vor allem in den Abschnitten oberhalb von 2.000 m ü.A. in regelmäßigen Abständen saniert werden muss.

Die Öztaler Gletscherstraße ist eine der höchsten Straßen der Ostalpen und führt mit einer Länge von 15 km vom Ort Sölden (1.377 m) zu den Gletscherskigebieten Rettenbach- und Tiefenbachgletscher.

Sie führt in weiten Serpentinaen bis zur Waldgrenze zur Mautstation auf ca. 2.100 m ü.A.. Von dort geht es durch steile Hänge zum Gletschervorfeld des Rettenbachferners auf ca. 2660 m Seehöhe. Vor dem Gletscherstadium Rettenbachferner zweigt die Straße zum Tiefenbachferner ab, der über einen ca. 1.700 m langen Straßentunnel mit erschlossen ist.

Oberhalb der Mautstelle ist die Gletscherstraße auf Grund der Baumfreiheit im Winter stark lawinengefährdet. Daher wurde durch den Betreiber der Gletscherstraße, die Öztaler Gletscherbahn GmbH & CoKG eine Lawinensprenganlage errichtet, um im Winterbetrieb die

Versorgung des Gletscherstadions Rettenbachferner gewährleisten zu können. Durch die Lawinen bzw. die im Oberhang der Straße befindlichen Felsen gelangen im Zuge der Lawinenabgänge bzw. der Schneeschmelze jedes Jahr vor der öffentlichen Verkehrsfreigabe Steine und Blöcke bis auf die Asphaltfahrbahn und beschädigen diese.

Im Bereich des Gletschervorfeldes verläuft die Straße im Permafrost-Gebiet. Bedingt durch das Ausschmelzen des Permafrostes kommt es hier jährlich zu Setzungen im Straßenuntergrund und damit zu Beschädigungen im Straßenkörper, die zum Teil jährlich saniert werden müssen.

Auf Grund der großen Höhenlage beschränken sich die Asphaltarbeiten in der Regel auf den Hochsommer und hier wiederum besonders auf einige Tage mit entsprechender Witterung (Schneefreiheit, erforderliche Außentemperaturen).

Als weiteres Problem stellt sich die Versorgung mit Asphalt für die Baustelle dar, da sich das nächste Asphaltwerk am Talausgang des Ötztals (ca. 50 km, 1.600 hm) bzw. im Raum Landeck befindet und damit mit entsprechend langen Anlieferzeiten (Asphaltauskühlung) gerechnet werden muss.

### Forst- und Güterwege

Forst- und Güterwege werden in Österreich noch jedes Jahr in beachtlicher Weglänge errichtet. Sie dienen einerseits als Zufahrten für Schutzmaßnahmen von Infrastrukturbauten bzw. des Lebensraumes (Wildbach- und Lawinenverbauung, Schutzwaldwirtschaft, Waldbewirtschaftung) und andererseits der Versorgung von landwirtschaftlichen Einrichtungen (Alpen).

Gerade Forst- und Erschließungswege, die für die Bewirtschaftung des Schutzwaldes verwendet werden, führen oftmals durch steiles Gelände. Daher sind bei der Errichtung des Weges oft Vorgaben bezüglich des Schutzes des darunter liegenden Geländes (Steinschlag, Ableitungen) gegeben.

Diese Schutzvorkehrungen für das darunter befindliche Gelände umfassen meistens Querfällungen von Bäumen sowie deren Verhängung, Absturzsicherungen mit verhängten Baustahlgittern, selten Steinschlagschutznetze.

Andererseits ist oftmals auf Grund der Hangneigungsverhältnisse nur der Einsatz von kleineren, dafür aber flexibleren Baugeräten (Bagger bis ca. 20 t, Schreitbagger, kleine Dumper) zur Errichtung möglich.

### Versorgungsstraßen für andere Bauwerke

In vielen Fällen wird – sofern dies gesetzlich möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist – zur Errichtung eines Bauwerkes (Tourismusbauten, Kraftwerksbauten, Schutzbauten) eine Baustellenerschließungsstraße errichtet. Der Ausbau dieser Straße kann sehr unterschiedlich sein. So werden in der Regel für die Errichtung von Seilbahnen unbefestigte Wege mit einer Breite von ca. 4,0 m – 4,50 m errichtet, während z.B. für die Versorgung des Kraftwerkbaues Limberg II mehrere Zufahrtstunnel mit einer Gesamtlänge von ca. 5.500 m hergestellt wurden. Im Allgemeinen werden errichtete Bauerschließungsstraßen für spätere Revisions-, Versorgungs- oder Sanierungsarbeiten langfristig verwendet und instand gehalten.

### **2.1.2 Wasserver- und Entsorgungsleitungen**

Für die in hochalpinen Lagen errichteten Gebäude (vor allem für touristische Zwecke) ist neben einer Versorgung mit Trinkwasser auch die Entsorgung des Abwassers notwendig. Während die Trinkwasserversorgung meist vor Ort gesichert wird, ist für die Abwasserbeseitigung, bis auf wenige Ausnahmen, eine Ableitung ins Tal notwendig. Im hochalpinen Bereich ist die Errichtung des Grabenaushubes für Wasserver- und -entsorgungsleitungen insbesondere durch die Geländebeziehungen, klimatische Erschwernisse (Wintereinbrüche) sowie durch Naturgefahren erschwert und aufwendig. Gerade bei der Herstellung dieser Gräben werden oft in ihrer Leistungsfähigkeit weniger starke, dafür aber dem Gelände angepasste Schreitbagger (oftmals noch zusätzlich mit Windsicherung) eingesetzt.

### **2.1.3 Funk- und Telekommunikationseinrichtungen**

Funk- und Telekommunikationseinrichtungen werden meistens an exponierten Stellen (Berggipfel) errichtet, um eine flächendeckende Versorgung gewährleisten zu können. Auf Grund der Exponiertheit der Baustellen ist ein besonderes Augenmerk auf klimatische Erschwernisse (Blitz, Wind, Eisbehang...) sowie Absturzgefahr zu legen. Die Versorgung der Baustelle kann meistens nur über Seilbahn oder Helikopter durchgeführt werden.

## **2.2 Elektrizitätswirtschaft**

Bauten für die Elektrizitätswirtschaft umfassen Staudämme und Staumauern, Druckstollen und -leitungen, Wasserschlösser sowie die Krafthäuser und Energieleitungen (Masten).

Auf Grund der geographischen Gegebenheiten (2/3 der Staatsfläche werden dem Alpenbogen zugerechnet) eignet sich Österreich bestens für den Ausbau mit

Speicherkraftwerken. Derzeit werden über 8.600 MW in den österreichischen Alpen produziert, das sind über 50 % der installierten Staatsleistung und Staatsproduktion. Mit dem heutigen Speicherausbau sind ca. 85 % der nutzbaren Wasserkraft in den Alpen erschlossen.

Auf Grund der gesetzlichen Rahmenbedingungen (Wasserrahmenrichtlinie, UVP Gesetz) kommt es nur noch zur vereinzelt Errichtung von Staudämmen für die Kraftwerksnutzung (z.B. Speicherteich Kartell, St. Anton am Arlberg). Auf Grund von Bürgerinitiativen und gesetzlichen Vorgaben gestaltet sich die Errichtung weiterer großer Staudämme als sehr schwierig (z.B. Kraftwerksdiskussion im Bundesland Tirol mit Speicherteich im mittleren Ötztal und / oder Kaunertal und Pitztal). Die Zeit der groß dimensionierten Stauseen ist sicherlich vorbei.

Vielmehr wird versucht, durch mehrfache Nutzung des im Stausee gespeicherten Wassers eine erhöhte Stromproduktion zu erzielen. So wurde z.B. durch die VIW AG im hinteren Montafon das Pumpspeicherkraftwerk Kops II mit einer installierten Leistung von 450 MW in den Jahren 2004 – 2008 errichtet. Weitere derzeit in Bau befindliche Projekte umfassen das Pumpspeicherkraftwerk Limberg II, Reißeck II, den geplanten Ausbau der Kraftwerksgruppe Innerfragant in Kärnten sowie das schon fertig gestellte Kraftwerk Gerlos II.

In anderen Fällen, z.B. beim Vermuntwerk im hinteren Montafon oder beim Spullersee-Kraftwerk im Klostertal, werden die Druckrohrleitungen, die vom Wasserschloss zum Kraftwerk führen und die in vielen Fällen in den 1930-er Jahren errichtet wurden, durch im Berg hergestellte Schrägschächte ersetzt.

### Speicherkraftwerke

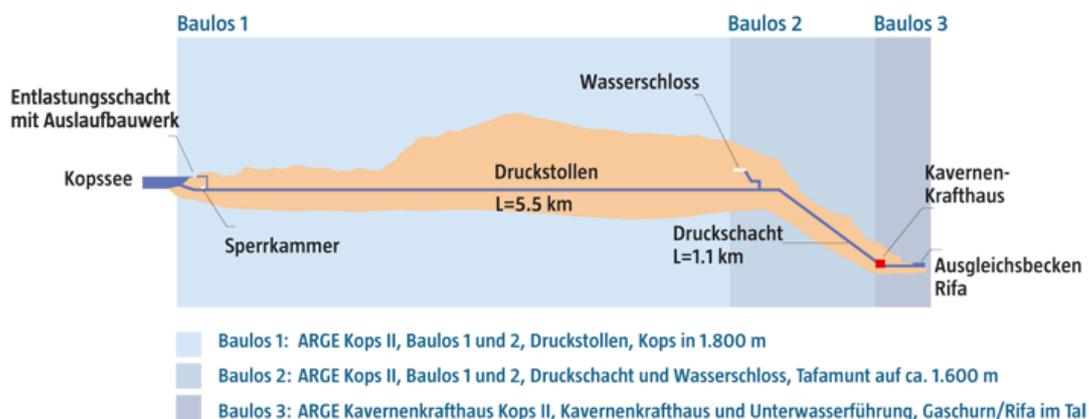
Die meisten Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke in Österreich werden mit einem flach verlaufenden Druckstollen, der in ein Wasserschloss mündet, ausgeführt. Von diesem Wasserschloss gelangt das Wasser durch einen mittelsteil geneigten bis senkrechten Druckschacht zum Kraftwerk. Daher weisen die Druckstollen in der Regel eine Länge von bis zu mehreren Kilometern auf. Die Druckschächte dagegen sind relativ kurz. Dadurch befindet sich das Wasserschloss in der Regel nahe der Talachse, jedoch weit oberhalb des Talgrundes und damit in einer exponierten Lage. Der Druckstollen wird meistens vom Speicherbecken aus aufgeföhren, das Wasserschloss vom Tal aus erschlossen und der Druckschacht vom Tal gegen Berg hergestellt.

Daraus ergeben sich für Bauvorhaben folgende Konsequenzen:

- Nichterreichbarkeit des Druckstollens insbesondere in den Wintermonaten bzw. erschwerte Versorgung (Lawinengefahr, Eisfahrbahn, Pistenraupen- und Hubschrauberversorgung)
- Erschließung des Wasserschlosses meistens über Seilbahnanlagen mit reduzierter Personen- und Transportkapazität sowie beengten Baustellenverhältnissen
- Ganzjährige Versorgungsmöglichkeit für den Druckschacht vom Tal aus

### Beispiel Kraftwerk Kops II<sup>1</sup>

Die Voralberger Illwerke Ag (VIW AG) hat in den Jahren 2004 bis 2008 im hinteren Montafon das Pumpspeicherkraftwerk Kops II mit einer installierten Leistung von 450 MW errichtet. Genaue Projektinformationen können im Internet unter [www.kopswerk2.at](http://www.kopswerk2.at) nachgelesen werden. Durch die vorher erwähnten Eigenheiten von Speicherkraftwerken ergeben sich drei Angriffspunkte für den Bau. Der erste Angriffspunkt befindet sich auf ca. 1.800 m ü.A. im Bereich Kopssee, der zweite auf Tafamunt (1.550 m ü.A.) und ein weiterer ist vom Talboden (ca. 1.000 m ü.A.) her gegeben.



**Abbildung 1** Schemaübersicht KW Kops II (VIW)

Vom bestehenden Speicher Kops wurde ein über 5 km langer Druckstollen gegen Westen zum Wasserschloss hergestellt.

Im Bereich des Stausees wurde ein ca. 500 m langer Zugangstollen für die Anlieferung der Tunnelbohrmaschine errichtet. Weiters wurde über diesen Zugangstollen auch die Schieberkaverne am Beginn des Druckstollens aufgefahren und ausgebaut.

Die Baustelle des Druckstollens war von der Voralberger Seite über eine steile asphaltierte Straße zwischen Ende März bis ca. Ende November erreichbar. Diese Straße konnte jedoch

<sup>1</sup> siehe auch[1] VIW

lediglich für Personentransporte verwendet werden. Die Materialtransporte wurden vom Paznaun (Tiroler Seite) aus über eine asphaltierte Straße durchgeführt.

Auf Grund der örtlichen Geländesituation wurde die Straße regelmäßig bei Schneefällen gesperrt (Lawinengefahr), sodass die Baustelle dann nur mehr mittels Pistenraupe und Motorschlitten (Skidoo) erreichbar war.

Personentransporte wurden während der Wintermonate durchgehend nur mit der Pistenraupe abgewickelt. Die Bauarbeiter waren auf der Baustelle in einem Containerdorf untergebracht, eine eigene Küche wurde eingerichtet.

Die Baustelle für das Wasserschloss wurde vom Tal aus über 2 Materialseilbahnen sowie eine Personenseilbahn versorgt. Die Mannschaftsquartiere wurden im Talgrund mit ganzjähriger Erreichbarkeit eingerichtet. Sämtliche Baumaschinen für die Baustelle mussten zerlegt werden und nach dem Transport per Seilbahn wieder zusammengebaut werden.

Der Druckschacht sowie das Krafthaus des Kraftwerkes Kops II wurden im Berginneren errichtet. Die Baustelle war vom Talgrund aus direkt erreichbar.

#### Beispiel Kraftwerk Kartell der Elektrizitätswerke St. Anton a.A. / Speicherdamm<sup>2</sup>

Mit dem Bau des Kraftwerkes Kartell in den Jahren 2003 bis 2005 wurde die Eigenständigkeit in der Energieversorgung der Gemeinde St. Anton a. Arlberg wieder hergestellt. Die 2 Maschinensätze erzeugen im Regeljahr rund 33,5 Millionen kWh. Durch den Speicher Kartellboden kann soviel Energie vom Sommerhalbjahr auf das Winterhalbjahr umgelagert werden, sodass auch während der energieintensiven Wintersaison das gesamte Ortsgebiet von St. Anton und St. Jakob eigenversorgt werden kann.

Der Speicher Kartellboden liegt auf ca. 2.020 m ü.A., hat ein Speichervolumen von rund 8,1 Mio m<sup>3</sup> und ein Einzugsgebiet von ca. 15 km<sup>2</sup>.

Der Speicherdamm weist eine maximale Schütthöhe von 60 m (luftseits), ein Schüttvolumen von 840.000 m<sup>3</sup> sowie eine Kronenlänge von 250 m auf. Der Speicherdamm ist ein Schüttdamm mit einem mineralischen Dichtkern, wobei das gesamte Schüttmaterial aus dem Stauraum entnommen wurde.

Die Baustelle war während der schneefreien Zeit nur über eine schmale Straße vom Talgrund erreichbar. Die Straße ist bei größeren Schneefällen stark lawinengefährdet weshalb im Winter keine Bauarbeiten ausgeführt wurden. Auf Grund der großen Geländesteilheit in den Abschnitten der Zufahrtsstraße bestand Steinschlaggefahr sowie bei Starkniederschlägen Murengefahr.

Die Art und Weise der Speicherdichtung (mineralische Dichtung) erforderte ein ausgeklügeltes Materialmanagement beim Einbau in den Speicherdamm, um den

---

<sup>2</sup> siehe auch [2] EWA

entsprechenden Baufortschritt bei Einhaltung der gegebenen Verdichtungskriterien gewährleisten zu können.



**Abbildung 2 Speicher Kartellboden (EWA)**



**Abbildung 3 Dammbau (IG, TU Wien)**

## **2.3 Tourismus**

Als Tourismusbauten werden sämtliche Bauten, die für touristische Zwecke genutzt werden, zusammengefasst. Um die baubetrieblichen Spezialitäten besser erläutern zu können, werden die Tourismusbauten in 2 Untergruppen unterteilt.

- Hochbauten im Allgemeinen
- Erd- und Tiefbau

### **2.3.1 Hochbauten im Allgemeinen**

Als Hochbauten werden hier die Betonbauarbeiten an Seilbahnen (Stationen und Stützsockel), Bergrestaurants sowie Berghütten (Alpenvereinshütten) aufgefasst. Ihnen gemein ist, dass eine Versorgung der Baustelle nur über lange, schmale und ausgesetzte Zufahrtsstraßen / Wege und / oder nur mit Hubschrauber, Pistenraupe oder anderer Seilbahn möglich ist.

Aus baubetrieblichen Gründen werden diese Bauten meistens durch lokal ansässige Bauunternehmen, mit speziellen Kenntnissen der örtlichen Gegebenheiten bzw. mit alpin erfahrenem Personal, errichtet.

### Seilbahnen

Seilbahnen bestehen meistens aus einer Tal- und einer Bergstation mit dazwischen liegenden Stützen, die der exakten Führung des Trageseiles dienen. In seltenen Fällen wird noch eine Mittelstation dazwischen geschaltet.

Sofern die Stützen- und Stationsstandorte nicht über Bauerschließungswege erreichbar sind, können die Betonarbeiten nur durch eine Materialbeistellung mittels Helikopter (z.B. 8 EUB Schwarze Schneid, Sölden) oder Materialeilbahn (z.B. Gletscherbus III, Hintertux) durchgeführt werden. Beim Bau der 8 EUB Schwarze Schneid in Sölden waren zeitweise 3 Helikopter für den Betontransport eingesetzt, insgesamt wurden hier über 1.500 Helikopterflüge in einem Sommer durchgeführt.

### Bergrestaurants

Bei der Errichtung von Bergrestaurants in Schigebieten wird die Baustelle meistens über eine Zufahrtsstraße erschlossen. Oft ist jedoch, bedingt durch terminliche Vorgaben, ein stark erhöhter Materialeinsatz notwendig, um zeitgerecht die Fertigstellung des Hochbaus gewährleisten zu können.

So sind z.B. bei der Erweiterung eines Bergrestaurants im Schigebiet von Sölden im Jahr 2008 für die Errichtung des Hochbaus inklusive einer Talstation einer Seilbahnanlage 6 Baustellenkräne permanent im Einsatz, um den für eine zeitgerechte Fertigstellung benötigten Materialumschlag gewährleisten zu können.

### Beschneiungsanlagen

Ein weiteres Beispiel für touristische Hochbauten sind die im Zuge von Beschneiungsanlagen benötigten Pump-, Reduzier- und Kühlstationen sowie die Schieberkammern von Speicherteichen, die oftmals in Pumpstationen integriert sind.

Bei diesen Bauwerken entsteht der terminliche Druck insbesondere durch maschinenbautechnische Vorgaben.

So müssen die Betonfundamente entsprechende Druckfestigkeiten gewährleisten, bevor mit dem Einbau der Pumpensätze, Kühl- und Stromaggregate sowie der verschiedenen Stahlleitungen begonnen werden kann. Zum Teil weisen moderne Pumpstationen für Beschneiungsanlagen schon beachtliche Ausmaße von ca. 30 m x 12 m bei einer Höhe von mehr als 4 m auf.

## **2.3.2 Erd- und Tiefbauarbeiten**

In dieser Untergruppe der Tourismusbauten werden die Erd- und Dichtungsarbeiten für Beschneigungsteiche (Dämme samt Dichtung), Schipisten sowie Spezialfundierungen zusammengefasst.

### Beschneigungsteiche

Auf Grund der gegenüber den 1970-er und 1980-er Jahren geänderten klimatischen Bedingungen ist heute ein garantierter Schibetrieb für eine Wintersaison ohne künstliche Beschneigung praktisch nicht mehr gewährleistet. Daher haben fast alle Schigebiete in Österreich Beschneigungsanlagen errichtet bzw. bauen diese weiter aus. Seit kurzem wird sogar auf den Gletschern (z.B. sämtlichen Gletscherschigebieten Tirols) mit künstlicher Beschneigung versucht, den Gletscherrückgang zu bremsen.

Die meisten Schigebiete gewährleisten die Wasserversorgung ihrer Beschneigungsanlage über einen oder mehrere Speicherteiche, die während der Schneeschmelze und des Sommers gefüllt werden und im Zuge der Beschneigung im Spätherbst / Winter wieder entleert werden.

Diese Speicherteiche besitzen meistens ein Speichervolumen zwischen 50.000 m<sup>3</sup> und 150.000 m<sup>3</sup> Wasser, in seltenen Fällen auch mehr. In der überwiegenden Zahl der errichteten Speicherteiche handelt es sich dabei um Erd- bzw. Felsschüttdämme, die mit einer Foliendichtung abgedichtet werden. In seltenen Fällen wird die Speicherdichtung auch mittels Asphaltichtung (z.B. Speicherteich Seebloga, Schruns) oder über eine Schmalwanddichtung (z.B. Speicherteich Schwarze Wand, Ischgl) gewährleistet.

Die meisten Speicherteiche werden in einer Höhenlage zwischen 1.500 m und ca. 2.500 m errichtet, in seltenen Fällen auch bis knapp unter 3.000 m Seehöhe.

Auf Grund der Höhenlage, der in der Höhe länger anhaltenden Winterschneedecke und der früher einsetzenden Winterschneefälle ergibt sich für die Errichtung eines Speicherteiches im Jahresverlauf ein kurzes Zeitfenster. Meistens stehen für die Erd- und Dichtungsarbeiten ca. 3 – 4 Monate zur Verfügung, in denen der gesamte Speicherteich samt Dichtung und Füll- bzw. Entnahmeleitungen errichtet werden muss.

Daraus resultiert einerseits ein entsprechend großer Geräteeinsatz, der oftmals durch naturschutzrechtliche Auflagen (Betankung von Geräten, Schmierstoffe, Öle, Wartung) erschwert wird. Die oftmals beengten Platzverhältnisse zusammen mit einem relativ großen Materialumschlag erfordern daher insbesondere auf Grund des Zeitdruckes eine genaue Planung der Bauabläufe, bestens gewartetes Gerät und erfahrenes Personal.

### Schipisten

Für die Errichtung von Schipisten gelten im Wesentlichen die gleichen Voraussetzungen wie für Speicherteiche, die Anforderungen an den Einbau des umzulagernden Erd- bzw. Felsmaterials sind jedoch in der Regel geringer, sodass meistens auch bei schlechteren Witterungsverhältnissen gearbeitet werden kann.

### Spezialtiefbau

Im Bereich der Tiefbauarbeiten bei Tourismusarbeiten kommen immer wieder Spezialgründungen für Seilbahnstützen, Stationen und Restaurants zur Ausführung.

So mussten z. B. bei den Seilbahnanlagen Gletscherbus III in Hintertux für eine Doppelstütze sowie die Bergstation oder für die Seilbahnanlage Fimbabahn in Ischgl (mehrere Stützen) Spezialgründungen (geankerte Stützensockel) errichtet werden, um überhaupt die gewählten Seilbahntrassen zu ermöglichen.

In den o.a. beiden Fällen mussten sämtliche Ankerungsarbeiten durch Spezialfirmen in der Felswand hängend ausgeführt werden, wobei die Versorgung im Allgemeinen nur über Helikoptertransporte bzw. Materialeilbahnen möglich war. Insbesondere bei der Seilbahnanlage Gletscherbus III in Hintertux traten große Probleme auf Grund der klimatischen Situation (über 3.200 m Seehöhe, Alpenhauptkamm) auf.

Die besonderen Schwierigkeiten bei Ankerarbeiten in Felswänden liegen einerseits in der Zugänglichkeit / Exponiertheit, der Ausgesetztheit gegenüber Naturgefahren (Unwetter, Blitzschlag, Steinschlag) sowie der Absturzgefährdung auf Grund der Geländesteilheit für Mensch und Maschine. In den Fällen oberhalb von 3.000 m ü.A. kommt zusätzlich als Baustellenerschwernis die verminderte Leistungsfähigkeit von Mensch und Maschine zum Tragen.

### Sonderbauten wie Schitunnels

Während der letzten 15 Jahre hat sich die Verbindung von verschiedenen Schigebietsteilen über Schitunnel als kostengünstige Variante erwiesen. So wurde im Schigebiet Hochjoch (Schruns, Vbg) über einen ca. 480 m langen, mit Pistengerät präparierbaren Tunnel auch für schwächere Schifahrer eine Talabfahrt vom höchsten Punkt des Schigebietes geschaffen. Im Gletscherschigebiet Rettenbachferner-Tiefenbachferner (Sölden, Österreich) wurde die Schigebietsverbindung mit einem ca. 180 m langen präparierbaren Schitunnel in ca. 3.200 m Seehöhe ermöglicht.

Auf Grund ihrer Lage am Rande von bestehenden Schigebieten finden die Bauarbeiten zur Errichtung eines Schitunnels in der Regel in mehr oder weniger unberührter Natur statt. Daraus ergibt sich in der Regel eine weder mit Strom noch Wasser versorgte Baustelle, sodass die für den Baubetrieb notwendige Infrastruktur zumindest temporär geschaffen werden muss. Aus naturschutzrechtlichen Gründen ist oft der Einsatz von biologisch abbaubaren Schmierstoffen etc. vorgeschrieben. Die im Tunnel anfallenden Wässer müssen speziell gesäubert und dem natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden. Arbeitszeiteinschränkungen durch Behördenauflagen müssen beachtet werden. Je nach

Höhenlage des Schitunnels ergeben sich zudem Einschränkungen im Arbeitszeitraum durch klimatische Bedingungen und betriebliche Vorgaben des Auftraggebers (Schibetrieb).

Weitere Erschwernisse betreffen insbesondere die Einrichtung der Baustelle, da lange Anfahrtswege zur Baustelle sowie auf Grund der topographischen Verhältnisse oft große Steigungen, enge Kurvenradien oder eine mögliche Eisfahrbahn bei der Versorgung und Einrichtung der Baustelle berücksichtigt werden müssen. Im Falle des Schitunnels Sölden war z.B. der Antransport der für den Tunnelausbruch notwendigen Gerätschaften nur über die Gletscherzunge des Tiefenbachferners möglich. Beim An- und Abtransport wurden zur Sicherung der Vortriebsgeräte im Gletscherbereich Pistengeräte vorgespannt.

## **2.4 Schutzbauten**

Auf Grund der topographischen Verhältnisse kommt den Schutzbauten für Infrastruktureinrichtungen (Straßennetz, Schiene, touristische Einrichtungen, Siedlungsraum) in Österreich eine besondere Bedeutung zu. So besteht eine wesentliche Aufgabe des forsttechnischen Dienstes für Wildbach und Lawinenverbauung in der Errichtung von Lawinen- und Steinschlagschutzbauten.

Insbesondere Schutzbauten gegen Lawinen (Stahlstützwerk) sind durch eine besondere Exponiertheit (steile Hänge, zum Teil felsdurchsetzt) gekennzeichnet. Eine Erschließung der Baustellen ist oftmals nur über Helikopter, Materialseilbahn sowie Fußmarsch möglich.

### 3 Klimaeinflüsse<sup>3</sup>

Das Gebirgsklima ist ein unter dem Einfluss des Gebirgsreliefs geprägtes Klima. Typische Merkmale des Gebirgsklimas sind die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe, das Absinken der Lufttemperatur mit größerer Tagesschwankung und vielfältige Lokalwinde (z. B. Berg- und Talwind, Föhn). Weiters ist das Gebirgsklima geprägt durch eine lang anhaltende Schneedecke, im Winter geringere, im Sommer stärkere Bewölkung als in der Ebene und eine größerer Häufigkeit von Nebeltagen.

Die örtlichen Witterungsverhältnisse sind stark durch lokale Randbedingungen beeinflusst, welche für jede Baumaßnahme berücksichtigt werden müssen.

Auswertungen von Wetterstatistiken und Befragungen von wetterkundigen Einheimischen können schon bei der Planung des Bauablaufes hilfreich sein. Auch sollte sich der Bauablauf auf sich kurzfristig ändernde Witterungsverhältnisse einstellen können.

Auf Grund dieser Besonderheiten sollte der Bauleiter stets über die aktuelle Wetterlage informiert sein. Gleiches gilt auch für die aktuelle Lawinensituation.

#### 3.1 Luftdruck

Der Luftdruck ist als die Kraft pro Fläche definiert, die eine gedachte vertikale Luftsäule, die vom Erdboden bis an den Rand der Atmosphäre reicht, auf eine Einheitsfläche ausübt.

Er beträgt auf Meeresebene durchschnittlich etwa 1013 hPa ( $\approx 1 \text{ kN/m}^2$ ).

Der Luftdruck verändert sich entsprechend der Wettersituation und kann bei uns Werte zwischen 960 und 1050 hPa annehmen.

Für das Wettergeschehen in Bodennähe sind vor allem die dortigen Unterschiede des Luftdrucks von Interesse. Sie führen zur Entstehung von Hoch- und Tiefdruckgebieten. Zwischen ihnen setzt der Wind als Ausgleichsströmung ein.

Steigender Luftdruck verheißt im Allgemeinen eine Wetterbesserung, sinkender Luftdruck eine Wetterverschlechterung.

Markant ist vor allem die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe. Sie beträgt nach der barometrischen Höhenformel in den untersten Höhenmetern etwa 1 hPa pro 8 Meter Höhenzunahme bei einer Temperatur von 0°C. Dieser Wert wird umso größer ist, je niedriger die Lufttemperatur ist.

---

<sup>3</sup> siehe auch [3] [de.wikipedia.org](https://de.wikipedia.org) † [Klima, Luftdruck, Lufttemperatur, Windchill,...]

[4] [lexikon.meyers.de](https://lexikon.meyers.de) [Klima, Luftdruck, Lufttemperatur, Windchill,...]

Barometrische Höhenformel		
$p(H) = p_0 \exp(-H / 7990 \text{ m})$		
Seehöhe [m]	Luftdruck [hPa]	%
0	1.013	100
100	1.001	99
1.000	894	88
2.000	789	78
3.000	696	69
4.000	614	61
5.000	542	53
5.500	509	50

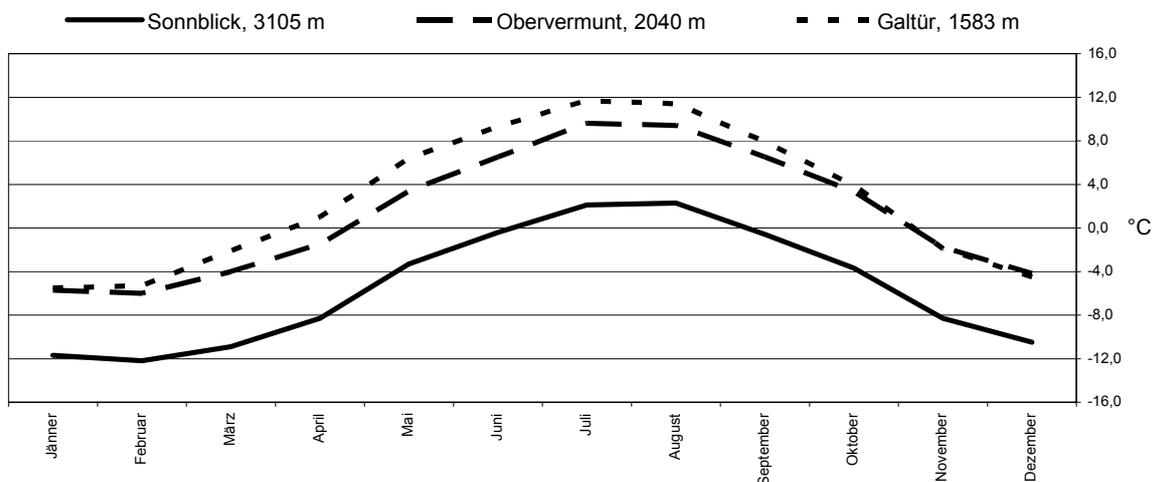
**Tabelle 1 Verhältnis Seehöhe - Luftdruck<sup>4</sup>**

Die Kenntnis über den vorherrschenden Luftdruck in Abhängigkeit von der Höhe ist für die ausreichende Dimensionierung von Baugeräten von großer Bedeutung (siehe Kapitel 5).

Abhängig vom Luftdruck ist auch der Sauerstoffgehalt der Atemluft, was wiederum Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit des Menschen hat (siehe Kapitel 6.5).

### 3.2 Lufttemperatur

In den Gebirgsregionen herrscht aufgrund der großen Höhen ein meist sehr kaltes Klima. In einem typischen Gebirge sinkt die jährliche Durchschnittstemperatur alle 1.000 Höhenmeter um etwa 6°C.



**Abbildung 4 Lufttemperatur - Jahresganglinie**

<sup>4</sup> [5] Kuchling, Taschenbuch der Physik

In Österreich können über die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) Temperaturkurven, Jahresmittel sowie Maximalwerte österreichischer Messstationen abgerufen werden.

Für den Menschen ist auch die gefühlte Temperatur von Bedeutung.

Bei starkem Wind wird die hautnahe und damit relativ warme Luft abgeführt und damit die Verdunstung erhöht. Daher kann der Mensch bei hohen Windgeschwindigkeiten relativ hohe Temperaturen bereits als kalt empfinden, aber auch umgekehrt tiefe Temperaturen bei Windstille gut ertragen.

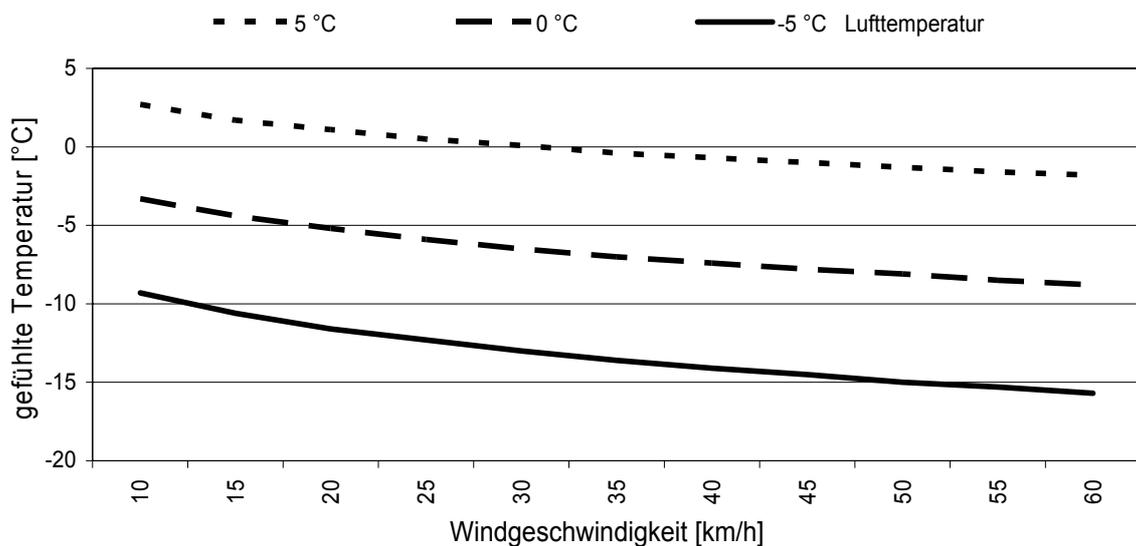
Diese gefühlte Temperatur wird durch den Windchill-Effekt dargestellt, welcher den Unterschied zwischen der gemessenen Lufttemperatur und der gefühlten Temperatur in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit beschreibt. Er kann mittels Formeln berechnet werden, wobei diese erst ab einer Windgeschwindigkeit von 5 km/h gültig sind.

$$WCT = 13,12 + 0,6215 \cdot Ta - 11,37 \cdot v^{0,16} + 0,3965 \cdot Ta \cdot v^{0,16}$$

WCT \_\_\_\_\_ Windchill-Temperatur in Grad Celsius

Ta \_\_\_\_\_ Lufttemperatur in Grad Celsius

V \_\_\_\_\_ Windgeschwindigkeit in Kilometern pro Stunde



**Abbildung 5 Windchill - Effekt**

Bei starker Sonneneinstrahlung kann sich die gefühlte Temperatur um 5 – 10°C erhöhen.

Die Temperatur hat großen Einfluss auf den Bauablauf. Bei niedrigen Temperaturen ist mit einer zusätzlichen Belastung für den Arbeitnehmer zu rechnen. Ebenso wirken sich diese auf Betonierarbeiten sowie für den Maschineneinsatz negativ aus.

### 3.3 Wind

Als Wind wird in der Meteorologie eine gerichtete stärkere Luftbewegung in der Atmosphäre bezeichnet.

Hauptursache für Winde sind Unterschiede im Luftdruck zwischen Luftmassen. Dabei fließen Luftteilchen aus dem Gebiet mit einem höheren Luftdruck (Hochdruckgebiet) solange in das Gebiet mit dem niedrigeren Luftdruck (Tiefdruckgebiet), bis der Luftdruck ausgeglichen ist. Je größer der Unterschied zwischen den Luftdrücken ist, umso heftiger strömen die Luftmassen in das Gebiet mit dem niedrigeren Luftdruck und umso stärker ist der aus der Luftbewegung resultierende Wind.

Windstärken		
Beaufort	km/h	
1-5	6 - 40	Brise, bewegte Flaggen, beginnende Schneeverfrachtungen
6-8	40 - 75	Wind, Pfeifen in Gipfelkreuzverankerungen
9-11	75 - 118	Sturm, erhebliche Schneeverfrachtungen, Gehen erschwert
12	>118	Orkan

**Tabelle 2 Windstärken**

Die Windrichtung, meist in Form einer Hauptwindrichtung angegeben, wird durch die Lage von Tiefdruckgebiet und Hochdruckgebiet bestimmt. Unterhalb der freien Atmosphäre wird der Wind zusätzlich durch Reibung beeinflusst und kann auch durch morphologische Strukturen wie Berge, Täler und Canyons stark variieren (Beispiel: Föhn bzw. Fallwind, Aufwind, Talwind, Bergwind)

#### Gebirgstypische Winde

Im Gebirge ist ein tagesperiodisches Windsystem zu beobachten, bei dem die Winde tagsüber hangaufwärts (Talwind) und nachts über hangabwärts (Bergwind) gerichtet sind. Diese gleichen die auf Temperaturunterschiede beruhenden Luftdruckunterschiede aus.

Der Bergwind beginnt 2 bis 3 Stunden nach Sonnenuntergang und dauert bis kurz nach Sonnenaufgang. Da sich nachts die Luft im Gebirge stärker abkühlt als in der Ebene, fließt die vergleichsweise schwere Kaltluft die Berghänge hinunter und weht zum Teil sehr kräftig durch die Täler hindurch.

Der Föhn ist ein Fallwind auf der Leeseite von Gebirgen. Dieser entsteht bei einer Windströmung über ein Gebirge. Auf der angeströmten Gebirgsseite (Luv) kommt es dabei oft zur Wolkenbildung und Steigungsregen.

Nach Überqueren des Gebirgskammes löst sich die Luvwolke entlang einer stationären Grenze auf, die von Lee her gesehen als mächtige Wolkenwand (Föhnmauer) erscheint.

Charakteristisch für den Föhn sind die deutliche Erwärmung und Trocknung der herabströmenden Luft, die zu gesundheitlichen Beschwerden führen kann (Kopfschmerzen, Übelkeit, rasche Ermüdung; Herz- und Kreislauferkrankungen). Weiters ist eine ausgeprägte Fernsicht aufgrund der trockenen Luftmassen gegeben (Föhnfenster).

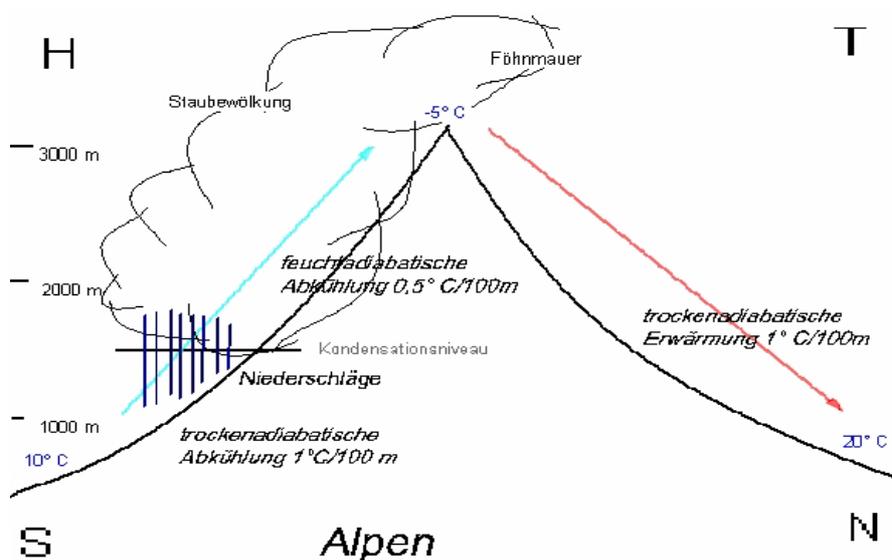


Abbildung 6 Föhnwindbildung (German Wikipedia)

### Windscherung

Als Windscherung wird der Unterschied in der Windgeschwindigkeit oder Windrichtung zwischen zwei Punkten der Atmosphäre bezeichnet. Triebkraft sind große Luftdruckunterschiede, bei denen die als Scherwind bezeichnete Windbewegung als Ausgleich zwischen diesen Punkten fungiert. Scherwinde können auch durch orographische Gegebenheiten entstehen und haben vor allem Einfluss auf Transportflüge.

Die auftretenden Windgeschwindigkeiten sind nicht nur für die Planung eines Bauwerks von Bedeutung. Sie müssen auch bei der Dimensionierung von Baustelleneinrichtungen wie Kräne, Container, Materialdepots und Geräte berücksichtigt werden.

### 3.4 Nebel

Nebel besteht aus kondensiertem Wasserdampf in der bodennahen Luftschicht. Die dabei in der Luft schwebenden, gewöhnlich mikroskopisch kleinen Wassertröpfchen verringern die Sichtweite in Bodennähe.

Die Bezeichnung Nebel wird gewöhnlich dann verwendet, wenn die Sichtweite in Bodennähe unter einen Kilometer absinkt, wobei die relative Luftfeuchte nahe der Sättigung (100%) liegt. Nebel kann sich bei Abkühlung unter den Taupunkt, bei Zunahme des Wasserdampfes durch Verdunstung und /oder Mischung von feuchtwarmer mit kalter Luft bilden. Auch eine Kombination dieser Prozesse ist möglich.

Im Gebirge entsteht Nebel vor allem durch das Aufsteigen der feuchten Luft über einen Hang, welche dabei auf den Taupunkt abgekühlt wird, sowie das Abkühlen der bodennahen Luftschicht infolge nächtlicher Ausstrahlung des Erdbodens. Auch Niederschlags- und Frontnebel sind zu beobachten.

Bei Nebel sind die Transporte mit Hubschrauber meist nicht möglich. Die Bedienung von Kranen ist nur unter erschwerten Bedingungen, z. B. über Funkzuweisungen, möglich.

Die Kenntnis über die Anzahl der Nebeltage kann schon in der Planungsphase bei der Erstellung von Ablaufplänen nützlich sein.

### 3.5 Niederschlag<sup>5</sup>

Niederschlag ist flüssiges oder festes Wasser, das von Wolken ausgeschieden wird. Man differenziert zwischen aufgrund ihrer Schwerkraft fallenden Niederschlägen, wie z. B. Regen, Schnee, Eiskörnern und Hagel, und abgesetzten Niederschlägen, z. B. Tau, Reif, Raureif, Glatteis, Nebel und Eisnebel. Bei abgesetzten Niederschlägen kann der in der Luft enthaltene Wasserdampf direkt am Boden oder an Gegenständen kondensieren bzw. sublimieren oder Wolkentropfen lagern am Boden oder an Gegenständen an.

Die Höhe, ab welcher der Niederschlag in Form von Schnee fällt, wird als Schneefallgrenze bezeichnet. Diese ist abhängig von der Temperatur und dem Taupunkt. Im Sommer liegt die Schneefallgrenze im Randgebiet der Alpen bei ca. 2.500 m und im Inneren der Alpen bei ca. 2.800 m bis 3.100 m.

---

<sup>5</sup> siehe auch [6] [www.weather-consult.com](http://www.weather-consult.com) [Wettererscheinungen]

An der Luvseite des Gebirges kommt es durch die sich stauenden feuchten Luftmassen und einem Abkühlen dieser mit steigender Höhe zu einer Zunahme der Niederschläge (vgl. 3.3 / Föhn). Auf der Leeseite sind die Niederschläge meist geringer.

Auskunft über die Niederschlagshäufigkeit und –stärke erhält man über die Hydrographischen Dienste oder die Zentralanstalt für Meteorologie.

Mit erhöhten Niederschlägen steigt auch das Auftreten von Naturgefahren wie Hochwasser, Muren, Steinschlag und Lawinen.

### **3.6 Globalstrahlung**

Die Globalstrahlung ist die gesamte am Erdboden ankommende Sonnenstrahlung, also die Summe aus direkter Strahlung und (diffuser) Himmelsstrahlung. Die Stärke der den Boden erreichenden Strahlung ist abhängig von geographischer Breite, Tageszeit, Jahreszeit und der Geländeform, d.h. dem Winkel, unter dem die Strahlen auftreffen. Ebenso nimmt die Strahlungsintensität der Sonne mit der Höhe zu, da der Weg der UV-Strahlen durch die Schichten der Erdatmosphäre kürzer wird.

Je höher die Strahlungsintensität, desto größer ist die Gefahr eines Sonnenbrandes. Ebenso steigt das Risiko der Schneeblindheit, vor allem bei Arbeiten an oder in der Nähe von Gletschern, an.

Ein positiver Aspekt der erhöhten Globalstrahlung im Gebirge ist die Nutzung dieser zu Gewinnung von Solarenergie.

## 4 Naturgefahren und Schutzvorkehrungen<sup>6</sup>

### 4.1 Gewitter<sup>7</sup>

Gewitter sind eine meteorologische Erscheinung, die mit elektrischen Entladungen (Blitze) und Donner einhergehen. Sie entstehen durch Konvektionsbewegungen, die an hochreichende feuchtlabile Schichtungen gebunden sind. Diese können unterschiedliche Ursachen haben, die eine Einteilung in folgende Gewitterarten erlauben:

#### Luftmassengewitter

Durch starke Sonneneinstrahlung wird im Sommer die bodennahe, feuchtigkeitsgesättigte Luft erhitzt und steigt in kältere Höhen auf. Die ausgeprägte Konvektion ruft Wärmegewitter hervor. Infolge der Temperaturverteilung entstehen diese Gewitter vor allem am Nachmittag über Land.

#### Frontgewitter

Sie treten in geringerer Abhängigkeit von der Jahreszeit vor allem bei heranrückenden Kaltfronten auf, gelegentlich aber auch an Warmfronten. An Kaltfronten schiebt sich die Kaltluft unter die leichtere Luft des Warmsektors. Die Labilisierung der Schichtung führt zu einer hochreichenden Konvektionsbewölkung (Cumulonimben). Obwohl Frontgewitter nicht an eine bestimmte Tageszeit gebunden sind, treten sie vorwiegend am Nachmittag auf, da sie hier mit den oben geschilderten Konvektionsbewegungen zusammenwirken.

Im Gegensatz zu den Wärmegewittern kündigen Frontgewitter oft einen deutlichen Wetterwechsel an, da sie an der Grenze von unterschiedlichen Luftmassen auftreten. Warmfrontgewitter werden durch das Aufgleiten von wärmeren Luftschichten auf Kaltluft verursacht.

#### Orographische Gewitter

Im Gegensatz zu den Frontgewittern werden bei orographischen Gewittern feuchtwarme Luftmassen an Gebirgshindernissen gehoben und labilisiert

---

<sup>6</sup> siehe auch [3] [de.wikipedia.org](https://de.wikipedia.org) [Steinschlag, Muren, Gletscherspalten,...]

[4] [lexikon.meyers.de](https://lexikon.meyers.de) [Steinschlag, Muren, Gletscherspalten,...]

<sup>7</sup> siehe auch [6] [www.weather-consult.com](http://www.weather-consult.com) [Wettererscheinungen]

Gewitter treten über das ganze Jahr verteilt auf, am häufigsten und intensivsten jedoch zwischen Ende April und Ende Oktober.

In den Alpen ist vor allem in den Monaten Juni bis September mit erhöhter Gewittergefahr zu rechnen.

Je nach Intensität können Gewitter mit Schauern in Form von Regen, Starkregen, Graupel, Hagel (im Winter auch Schnee) und heftigen Böen verbunden sein.

#### **4.1.1 Blitzschlag**

Das Spannungsfeld zwischen Wolke und Erde mit einigen hundert Millionen Volt entlädt sich beim Blitz durch einen schnellen Kurzschluss. Die Luft im Blitzkanal erhitzt sich dabei in Sekundenbruchteilen auf rund 30.000° C und dehnt sich explosionsartig aus.

Blitze, die von der Erde in Richtung Wolke verlaufen, gehen meist von hohen Bauwerken oder Berggipfeln aus. Die Feldstärke ist in der Umgebung dieser Spitzen besonders hoch, so dass ein Leitblitz nach oben ausgelöst werden kann. Somit ist die Blitzgefahr im Gebirge auch höher als in Tallagen. Vielfältige Entladungen finden auch innerhalb der Wolke statt und werden durch das Aufleuchten ganzer Wolkenbereiche sichtbar. Ein Teil dieser Entladungen kann in einen Erdblitz übergehen.

Schäden durch Blitzschlag können durch direkten Einschlag sowie durch Potentialunterschiede elektrischer Anlagen oder des Bodens (Überspannung), oder durch elektromagnetische Induktion in längeren Kabelstrecken entstehen. Vom Boden startende Fangentladungen, die selbst nicht zum Hauptblitzkanal werden, sind schwache Entladungen und können bei geringer elektromagnetischer Verträglichkeit elektronischer Einrichtungen ebenfalls Schäden an diesen hervorrufen.

#### **4.1.2 Schutzvorkehrungen gegen Blitzschlag**

Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen äußerem Blitzschutz und innerem Blitzschutz. Der äußere Blitzschutz hat die Aufgabe Blitzeinschläge einzufangen, den Blitzstrom vom Einschlagpunkt zur Erde abzuleiten und in der Erde zu verteilen, so dass weder Schäden durch thermische noch durch elektrische Einwirkungen auftreten können. Er besteht aus einer Fangeinrichtung, der Ableitung und einer Erdungsanlage, welche den Blitzstrom möglichst großflächig in den Erdboden verteilt.

Der innere Blitzschutz verhindert gefährliche Spannungen im Inneren von Gebäuden. Dies geschieht über einen Potentialausgleich (Blitzstromableiter, Überspannungsableiter, Potentialausgleichsschiene).

Krane stellen besonders durch Blitzschlag gefährdete Objekte dar, da sie meist den höchsten Punkt der Umgebung darstellen und elektrisch leitfähig sind. Krane sind daher mit Schutzeinrichtungen gegen Überspannungen durch Blitzschlag und Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Blitzströmen zu versehen.

Neben dem Schutz der elektrischen Einrichtungen können dafür weitere Schutzmaßnahmen an besonders gefährdeten Teilen wie an Tragseilen, Tragwerken, Fahrwerken und Auslegern erforderlich sein. Im Freien befindliche Kranfahrbahnen müssen an jedem Ende und in Zwischenabständen von max. 20 m geerdet werden.<sup>8</sup>

Auf exponierten Baustellen sollte, auf Grund des erhöhten Blitzeinschlages, auf Schutzvorrichtungen für Gebäude sowie Baugeräte nicht verzichtet werden. Lagernde Eisenteile (Bewehrung, Rohre,...) sollten ebenfalls an das Erdungsnetz angeschlossen werden.

#### **4.1.3 Verhalten bei Gewitter**

Während eines Gewitters ist man der Gefahr des Blitzschlags ausgesetzt. Vor allem auf Gipfeln, Graten, unter/in der Nähe von einzeln stehenden Bäumen, Wasserrinnen, am Fuße von Felswänden, im Eingangsbereich von Höhlen, und bei Hochspannungsleitungen (Stützen).

Am sichersten ist man in einem Gebäude, insbesondere wenn dieses Stahlbeton oder ein metallenes Rohrleitungsnetz enthält.

In Fahrzeugen ist man in der Regel auch relativ sicher, da diese wie ein Faradayscher Käfig wirken und den Blitz außen ableiten sollen.

Wenn kein Schutz in Gebäuden oder Fahrzeugen gefunden werden kann und um nicht direkt vom Blitz getroffen zu werden, gelten folgende Regeln:<sup>9</sup>

- Offenes Gelände und exponierte Lagen meiden
- Aufenthalt auf oder in Gewässern vermeiden
- Mit zusammengestellten Füßen in der Hocke verharren und sich nicht mit den Händen abstützen (Schrittspannung)
- Gegenstände aus Metall in sicherer Entfernung (mindestens 5 m) ablegen
- Abstand zu Felswänden halten (ca. 15 m)
- Höhleneingänge meiden (Sekundärblitz), besser tiefer in der Höhle Schutz suchen

---

<sup>8</sup> [7] DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3)

<sup>9</sup> siehe auch [8] [www.noezsv.at](http://www.noezsv.at) [Gefährliche Wettersituationen]

Die Sicherheit hängt vom vorausschauenden Verhalten ab: Nachdem das Gewitter bemerkt wurde, sollte man abhängig von Entfernung und Geschwindigkeit den sichersten erreichbaren Zufluchtsort aufsuchen. Anhand der Zeitdifferenz zwischen Blitz und Donner lässt sich der Abstand des Gewitters berechnen. Durch Wiederholung der Berechnung lässt sich die Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit des Gewitters abschätzen. Unter 3 Sekunden Abstand zwischen Blitz und Donner (ca. 1 km Entfernung), ist jederzeit die Möglichkeit eines Einschlags in der Nähe gegeben.

## **4.2 Steinschlag**

Im alpinen Gelände, vor allem an Felswänden, ist die Gefahr von Steinschlag gegeben. In Abhängigkeit von der Gesteinsstruktur und durch Witterungsprozesse kann sich der Fels lösen und herabstürzen.

Dieser Prozess wird unterstützt durch die Beschaffenheit des Felsens, Geländeform, Art und Dauer von Witterungseinflüssen (Regen) sowie die einwirkenden Temperaturbeanspruchungen.

Ein besonderes Risiko ist durch Frostsprengung gegeben. Diese tritt vor allem in den ersten Stunden einer erkennbaren Abkühlung, wie sie zum Beispiel durch Beschattung oder Sonnenuntergang eintritt, auf. Ebenso ist durch eine rasche Erwärmung (Sonneneinstrahlung) des Felsens ein Herauslösen von frostgebundenem Material möglich, ähnliche Vorgänge treten auch bei Eisflanken, in welche Steine und Blöcke eingebunden sind, auf.

Bei Arbeiten an und in der Nähe von Felswänden ist auf jeden Fall eine Beurteilung der Steinschlaggefährdung erforderlich. Auch bei der Erstellung von baulichen Sicherungseinrichtungen ist erhöhte Vorsicht und eine ständige Beobachtung der Felsoberfläche zu empfehlen.

### **4.2.1 Schutzvorkehrungen gegen Steinschlag**

Um die notwendigen Schutzvorkehrungen gegen Steinschlag treffen zu können, ist eine geologische Begutachtung des betroffenen Bereiches sinnvoll. Diese sollte vor Ort, wenn nötig auch durch ein Übersteigen des betroffenen Geländes, durchgeführt werden.

Folgende Schritte für die Absicherung gefährdeter Bereiche sind sinnvoll:

### Sperrung

Einfachste, aber nicht immer mögliche Schutzvorkehrung ist die Absperrung (oder Meidung) von steinschlaggefährdeten Bereichen. Diese sind ausreichend zu kennzeichnen (Warnschilder, Absperrungen).

### Felsberäumung

Dabei wird der betroffene Bereich überstiegen und die losen Felsteile von Hand gelöst um diese kontrolliert abstürzen zu lassen. Dieser Vorgang ist in regelmäßigen Abständen zu wiederholen.

### Felsvernetzung / -verhängung

Über die gelockerten Felspartien sowie Einzelblöcke werden großflächige Seilgeflechte bzw. Stahlseile gespannt, welche im Fels mit kurzen Ankern befestigt werden.



**Abbildung 7 Felsvernetzung**

### Steinschlagnetze

Diese werden vor zu schützenden Bereichen aufgestellt und sollen gelöste Felsbrocken auffangen. Sie bestehen aus Seilnetzen und werden als dauerhafte Sicherung ausgeführt. Es ist zu dafür zu sorgen, dass ein Überspringen der Netze durch die Steine nicht möglich ist und ausreichend Platz für den Fangbereich zur Verfügung steht. Wenn der Fangraum mit Steinen gefüllt ist, ist der wieder frei zu legen. Steinschlagnetze werden über Simulationen berechnet und in der Regel bis zu einer Steingröße von 2 m<sup>3</sup> ausgeführt.



**Abbildung 8 Steinschlagnetz**

### Fangdämme

Sie sind von der Funktionsweise den Steinschlagnetzen gleich zu setzen. Anstelle der Netze werden Erddämme aufgeschüttet, welche hangseits einen Auffangraum aufweisen. Dieser sollte befahrbar ausgeführt werden, um eine Räumung mit Radlader zu gewährleisten. Fangdämme werden bei Steingrößen  $>1 \text{ m}^3$  ausgeführt.

Bei Arbeiten in steinschlaggefährdeten Bereichen haben alle beteiligten Personen Schutzhelme zu tragen. Die Außenhülle von Bauwerken oder Containern sind durchschlagsicher auszuführen.

## **4.3 Muren**

Ein Murgang (auch Mure oder Rufe genannt) ist ein talwärts gerichteter Strom aus Wasser und feinkörnigem bis blockigem Material. Muren entstehen, wenn im steilen Gelände wenig verfestigtes Material (Geröll, Schutt oder Erdmaterial) mit Wasser vermischt wird und so in Bewegung gerät. Dies geschieht vor allem bei Starkregenereignissen, langen Regenperioden oder bei eintretender Schneeschmelze. Meist bilden sich Muren in vorhandenen Bachbetten, sie können aber auch ein neues Bett graben.

Wenn das Gefälle des Geländes abnimmt, kommt es zu Ablagerung des transportierten Geschiebes.

Muren können Fließgeschwindigkeiten von bis zu 60 km/h erreichen und durch das mitgeführte Material großen Schaden anrichten.

Auch durch das Auftauen von hochalpinen Permafrostböden und Blockgletschern wird mobilisierbares Material bereitgestellt, welches dann in Murgängen abgehen kann.

### **4.3.1 Schutzvorkehrungen gegen Muren**

#### Meidung der Gefahrenzonen

Um grundsätzlich eine Bedrohung durch Muren auszuschließen kann man gefährdete Bereiche meiden. Diese sind (falls ein solcher vorhanden ist) im Gefahrenzonenplan gekennzeichnet, oder von ortskundigen Personen zu erfragen.

#### Vermeidung von konzentrierter Wassereinleitung

Bei Wassereinleitungen (z.B. von Dach- oder Oberflächenwässern) ist darauf zu achten, dass diese nicht konzentriert in gefährdete Bereiche eingeleitet werden. Im Falle sind Versickerungsanlagen zu installieren.

Bei bestehenden Bachläufen kann man mit der Herstellung kleiner Rückhaltebecken, vor allem in Steilfällen, ein Entstehen von Muren verhindern. Diese können die

Wassermassen zwischenspeichern und dosiert an den Unterlauf abgeben. Ebenso wird ein Eingraben des Bachbettes verhindert.

#### Stabilisierung des Untergrundes

Einen großräumigen Schutz kann man mit Hilfe von Verbauungen erzielen. Diese können aus Beton oder Holz hergestellt werden. Ebenso kann eine zusätzliche Bepflanzung zur Stabilisierung aufgelockerter Oberflächen nützlich sein.

#### Rückhaltevorrichtungen

Schutzmaßnahmen wie Geschiebesammler, Sperren (aus Beton oder Seilnetzen) sowie Rückhaltedämme können Muren aufhalten oder den Schaden durch diese minimieren. Die zuvor genannten Vorkehrungen sind aber meist mit großem baulichem Aufwand verbunden.

#### Ablenkbauwerke

Um Bauwerken oder Straßen vor Muren zu schützen oder deren Anwachsen zu vermeiden, können Ablenkbauwerke errichtet werden. Diese können Betonpfeiler, Buhnen oder Erddämme sein. Meist jedoch kommen Steinschichtungen zum Einsatz.

### **4.4 Lawinen<sup>10</sup>**

Lawinen sind große Massen von Schnee oder Eis, die sich von Berghängen ablösen und zum Tal gleiten oder stürzen.

Eislawinen können durch Eisabbrüche an Gletschern oder Gletscherresten, Eisfällen und ähnlichem entstehen.

Voraussetzungen für Schneelawinen sind steile, im Allgemeinen waldfreie Hänge von mindestens 20° Neigung und eine schichtweise ungenügend verfestigte oder am Boden schlecht haftende Schneedecke. Erhöhte Lawinengefahr tritt meistens bei großen Schneefällen, bei Tauwetter und tief greifender Erwärmung oder in Bereichen mit großen durch Wind verursachten Schneeumlagerungen (Triebsschnee) auf.

Lawinen können spontan, künstlich (Sprengen) oder durch Betreten oder Befahren lawinengefährdeter Hänge ausgelöst werden.

Abhängig vom Lawinentyp (z.B. Staublawine, Lockerschneelawine, Nassschneelawine), sowie der Sturzhöhe und Lawinenbahn treten unterschiedliche Kräfte beim Anprall von

---

<sup>10</sup> siehe auch [9] ASI – Tirol

[10] SLF [Lawinenarten, Merkblatt Achtung Lawine]]

Lawinen an Hindernisse auf. Diese lassen sich sehr schwer messen, sie können anhand von Schäden abgeschätzt werden. So treten z. B. bei großen Fließlawinen häufig Drücke von  $500 \text{ kN/m}^2$  auf.

Die aktuelle Lawinengefahr für ein bestimmtes Gebiet wird in den Gefahrenstufen 1 - 5 der europäischen Lawinengefahrenskala angegeben. Die aktuelle Lawinenwarnstufe wird täglich von den Lawinenwarndiensten bekannt gegeben.

Gefahrenstufe	Icon	Schneedeckenstabilität	Lawinen-Auslösewahrscheinlichkeit	Auswirkungen für Verkehrswege und Siedlungen / Empfehlungen	Hinweise für Personen ausserhalb gesicherter Zonen / Empfehlungen
1 gering		Die Schneedecke ist allgemein gut verfestigt und stabil.	Auslösung ist allgemein nur bei grosser Zusatzbelastung <sup>2</sup> an sehr wenigen, extremen Steilhängen möglich. Spontan sind nur Rutsche und kleine Lawinen möglich.	Keine Gefährdung.	Allgemein sichere Verhältnisse.
2 mässig		Die Schneedecke ist an einigen Steilhängen <sup>1</sup> nur mässig verfestigt, ansonsten allgemein gut verfestigt.	Auslösung ist insbesondere bei grosser Zusatzbelastung <sup>2</sup> , vor allem an den angegebenen Steilhängen möglich. Grosse spontane Lawinen sind nicht zu erwarten.	Kaum Gefährdung durch spontane Lawinen.	Mehrheitlich günstige Verhältnisse. Vorsichtige Routenwahl, vor allem an Steilhängen der angegebenen Exposition und Höhenlage.
3 erheblich		Die Schneedecke ist an vielen Steilhängen <sup>1</sup> nur mässig bis schwach verfestigt.	Auslösung ist bereits bei geringer Zusatzbelastung <sup>2</sup> vor allem an den angegebenen Steilhängen möglich. Fallweise sind spontan einige mittlere, vereinzelt aber auch grosse Lawinen möglich.	Exponierte Teile vereinzelt gefährdet. Dort sind teilweise Sicherheitsmassnahmen zu empfehlen.	Teilweise ungünstige Verhältnisse. Erfahrung in der Lawinenbeurteilung erforderlich. Steilhänge der angegebenen Exposition und Höhenlage möglichst meiden.
4 gross		Die Schneedecke ist an den meisten Steilhängen <sup>1</sup> schwach verfestigt.	Auslösung ist bereits bei geringer Zusatzbelastung <sup>2</sup> an zahlreichen Steilhängen wahrscheinlich. Fallweise sind spontan viele mittlere, mehrfach auch grosse Lawinen zu erwarten.	Exponierte Teile mehrheitlich gefährdet. Dort sind Sicherheitsmassnahmen zu empfehlen.	Ungünstige Verhältnisse. Viel Erfahrung in der Lawinenbeurteilung erforderlich. Beschränkung auf mässig steiles Gelände / Lawinenauslaufbereiche beachten.
5 sehr gross		Die Schneedecke ist allgemein schwach verfestigt und weitgehend instabil.	Spontan sind viele grosse Lawinen, auch in mässig steilem Gelände zu erwarten.	Akute Gefährdung. Umfangreiche Sicherheitsmassnahmen.	Sehr ungünstige Verhältnisse. Verzicht empfohlen.

- <sup>1</sup> Das lawinengefährliche Gelände ist im Lawinenbulletin im allgemeinen näher beschrieben (z.B. Höhenlage, Exposition, Geländeform usw.).
- <sup>2</sup> Zusatzbelastung:
  - gross (z.B. Skifahrergruppe ohne Abstände, Pistenfahrzeug, Lawinensprengung)
  - gering (z.B. einzelner Skifahrer, Snowboarder oder Schneeschuhgeher)
- mässig steiles Gelände: Hänge flacher als rund 30 Grad
- Steilhänge: Hänge steiler als rund 30 Grad
- extreme Steilhänge: besonders ungünstig bezüglich Neigung (meist steiler als etwa 40 Grad), Geländeform, Kammnähe, Bodenrauigkeit
- spontan: ohne menschliches Dazutun
- Exposition: Himmelsrichtung, in die ein Hang abfällt
- exponiert: besonders der Gefahr ausgesetzt

## Abbildung 9 Europäische Lawinengefahrenskala (SLF)

### 4.4.1 Schutzvorkehrungen gegen Lawinen

Permanenter Schutz vor Lawinen bieten Lawinenverbauungen, forstlich-biologische und raumplanerische Massnahmen sowie die Aufklärung von betroffenen und interessierten Personenkreisen über Schnee- und Lawinenvorgänge. Temporärer Schutz kann durch künstliche Lawinenauslösung sowie durch Warnung, Sperre oder Evakuierung gefährdeter Bereiche erreicht werden.

#### Forstlich-biologische Massnahmen

Grundsätzlich gilt ein mehrstufiger und geschlossener Waldbestand als bester Schutz vor Lawinenanbrüchen. Die obere Aufforstungsgrenze liegt bei ca. 2.200 m ü.A.. Für höhere Höhenlagen können forstlich-biologische Massnahmen nur begrenzt angewendet werden.

### Raumplanerische Maßnahmen

Im Gefahrenzonenplan sind Gebiete ihrer Gefährdung nach eingetragen. Während „Rote Zonen“ nicht bebaut werden dürfen, können in „Gelben Zonen“ unter Einhaltung vorgeschriebener Auflagen Gebäude errichtet werden. Weiters sind im Gefahrenzonenplan Flächen für die Durchführung von permanenten Schutzmaßnahmen und Flächen, deren Schutzfunktion von der Erhaltung der Boden- und Geländebeschaffenheit abhängig ist, ausgewiesen.

### Lawinerverbauungen

Hier unterscheidet man zwischen Verbauungen im Anbruch- und Verbauungen im Auslaufgebiet. Stützverbauungen sollen das Anbrechen von Lawinen verhindern. Zu ihnen zählen Verwehungsbauten sowie Schneezäune. Verbauungen im Auslaufgebiet haben die Aufgabe Lawinen in ungefährliche Bereiche abzulenken bzw. aufzufangen. Hierfür werden Ablenkdämme, Auffangdämme sowie Bremshöcker errichtet. Straßenbereiche in Lawinengebieten können durch Galerien oder Rohrbrücken gesichert werden.



**Abbildung 10 Lawinerverbauung**

### Temporäre Schutzmaßnahmen

Die Lawinenkommission vor Ort und die jeweiligen Lawinenwarndienste können Maßnahmen setzen, die kurzfristig auf Zeit, Ort und Ausmaß der Lawinengefahr abgestimmt und durchgeführt werden. Zu diesen können die Warnung vor bestehenden Lawinenabgängen, Anordnung einer Lawinensprengung sowie die Sperre einer Straße oder eines gefährdeten Gebietes gehören.

Bei einer Lawinensprengung wird einerseits die Abgangsbereitschaft der Lawinen getestet, andererseits können Lawinen kontrolliert entschärft werden. Sprengungen können vom Hubschrauber aus, über Sprengseilbahnen, flüssiggasbetriebene Lawineauslöseanlagen (Gaz.ex) oder Lawinenorgeln durchgeführt werden.

### Ausrüstung für Verschüttetensuche

Auf Baustellen, bei denen mit Lawinengefahr zu rechnen ist, sollten in den kritischen Zeiten von allen Personen LVS-Geräte getragen werden. Auch ist eine Ausrüstung der Arbeitskleidung mit RECCO-Reflektoren möglich. Bei der Verwendung des RECCO-Systems können nur professionelle Rettungsteams Verschüttete orten, da dieses über eine Radarortung arbeitet.

Um im Ernstfall helfen zu können sollten Lawinenschaufeln sowie Lawinensonden auf der Baustelle verfügbar sein und Schulung betreffend dem richtigen Umgang mit den Rettungsgeräten bei Lawinenabgängen durchgeführt werden.

### **4.4.2 Verhalten bei Lawinenabgängen**

Da die Überlebensrate von Lawinenverschütteten mit der Zeit schnell abnimmt, ist ein rasches und überlegtes Handeln von größter Wichtigkeit.

Folgende Vorgehensweise ist zu beachten:

- Lawinenniedergang und Erfasste (Verschwindepunkt) genau beobachten
- Übersicht gewinnen – nachdenken – handeln; eigene Sicherheit beurteilen, Folgeunfälle vermeiden (Nachlawinen)
- Primärsuchbereich festlegen (in Fließrichtung unterhalb des Verschwindepunktes)
- Sofort Suche mit LVS-Geräten (falls vorhanden) und gleichzeitig Suche mit Auge und Ohr
- Alarmierung der Bergrettung
- Sondierung mit Lawinensonde

Bei der Bergung eines Verschütteten sind folgende Punkte zu berücksichtigen

- Gezielt schaufeln, großzügiges Loch
- So rasch wie möglich Kopf und Brust freilegen, Atemwege freimachen, Kontrolle ob Atemhöhle vorhanden
- Falls erforderlich, Wiederbelebungsmaßnahmen einleiten, bis ein Arzt den Patienten übernimmt
- Schutz vor weiterer Auskühlung (Falls der Patient unterkühlt ist, muss er vorsichtig geborgen werden. Wird er zu stark bewegt und dadurch der Kreislauf angeregt, fließt unterkühltes und äußerst sauerstoffarmes Blut in Richtung der inneren Organe. Es droht der sog. Bergungstod)
- Stabile Lagerung
- Strenge Überwachung und Betreuung
- Schonender Abtransport mit dem Helikopter

## 4.5 Gletscherspalten

Gletscher fließen langsam auf Grund ihres Eigengewichts zu Tal. Dabei bewirken Geländeunebenheiten unter dem Gletscher unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten des Eises, wodurch Spalten aufreißen.

Je nach Richtung der Kluftöffnung unterscheidet man nach oben offene V-Spalten (über Bodenerhebungen) und nach unten geöffnete Klüfte A-Spalten (unterhalb von Gefällsstrecken).

Querspalten tauchen an und oberhalb von steileren Gefällsabschnitten wegen lokal erhöhter Fließgeschwindigkeit auf.

Längsspalten entstehen über flussparallelen Rücken unter dem Gletscher durch lokales Aufreißen des Eises. Weiters treten Klüfte zwischen fließendem und stehendem Eis (Bergschrund) sowie am Übergang zwischen Fels und Eis auf.

Ist der Gletscher schneefrei (aper) und das Gletschereis sichtbar besteht in aller Regel keine Gefahr durch Gletscherspalten. Diese liegen dann offen und Spaltenränder sind meist belastbar.

Gefährlich sind Spalten, welche mit Schnee bedeckt sind. Ist der Schnee mit Wind verfrachtet, können auch geringe Schneemengen Spalten zuwehen. Nach Schneefällen kann die Neuschneedecke über Spalten dellenförmig einsinken. Bei Altschneedecken ist das nur unmerklich der Fall.

### 4.5.1 Schutzvorkehrungen bei Gletscherspalten

#### Beobachtung, Ortskundige

Vor dem Begehen oder Befahren von Gletscherbereichen sind diese augenscheinlich auf Gletscherspalten zu prüfen. Im Zweifelsfalle kann eine Sondierung durch fachkundige Personen durchgeführt werden.

Im Allgemeinen ist es sinnvoll ortskundige Personen über sichere Routen zu befragen.

#### Verfüllen

Wenn es auf Grund der Form und Größe der Gletscherspalte möglich ist, kann diese mit Hilfe von Pistengeräten mit Schnee verfüllt werden.

#### Seilsicherungen

In kritischen Bereichen werden Personen sowie Gerätschaften nur gegengesichert über den Gletscher transportiert. Im Allgemeinen werden dafür Pistenraupen verwendet, welche auch mit Seilwinden ausgestattet sind. Sind Personen zu Fuß am Gletscher unterwegs, sollten Seilschaften gebildet werden.

## 5 Leistungsfähigkeit von Maschinen

### 5.1 Einflussfaktoren

Die Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit von Maschinen in großen Höhen sind bis auf wenige Ausnahmen gleich denen in normalen Höhenlagen. Wesentliche Unterschiede sind in Bezug auf Temperatur, Luftdruck und Bedienung zu erkennen.

#### Witterungsbedingungen

Durch die in Kapitel 3 erläuterten Umwelteinflüsse kommt es vor allem in Kombination von niedrigen Temperaturen und Feuchtigkeit zu Störungen, welche die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können. Es sollten ausreichende Maßnahmen getroffen werden, um das Gerät vor Feuchtigkeit zu schützen und ein Gefrieren zu verhindern. Somit kann die Einsatzdauer der Geräte erhöht werden. Bei Schneefall sollten die Geräte unter Dach abgestellt werden. Falls dies nicht möglich ist, ist auf eine gründliche Reinigung vor dem Einsatz Wert zu legen.

#### Luftdruck

Der Luftdruck spielt für die Leistungsminderung neuerer Verbrennungsmotoren auf Grund einer elektronischen Steuerung keine große Rolle mehr. Allerdings sind die Umgebungsbedingungen beim Einsatz von Kompressoren von großer Bedeutung.

#### Verschmutzung

Durch unbefestigte Zufahrtswege sowie Vorhalte- und Lagerflächen oder die Art des Geräteeinsatzes kann es zu stärkerer Verschmutzung des Gerätes kommen. Auch bei exponierten Baustellen sollte die Reinigung des Gerätes nicht vernachlässigt werden.

#### Wartung / Ersatzteile

Vor allem bei längeren Anfahrtswegen zur Baustelle oder bei Versorgungsschwierigkeiten während des Winterbetriebs können sich Ausfälle auf Grund von mangelnder Wartung oder fehlenden Ersatzteilen erheblich auf den Gerätebetrieb auswirken.

#### Schmiermittel / Betriebsstoffe

Durch die doch merklich kühleren Bedingungen in großen Höhenlagen ist auf die richtige Auswahl der Betriebsstoffe großen Wert zu legen.

Kalte Schmiermittel brauchen längere Zeit zur Erwärmung, damit die für den Betrieb richtige Viskosität erreicht wird und der Schmierstoff einwandfrei an alle Schmierstellen gelangt.

Motorenöle mit höherer Zähigkeit benötigen mehr Energie für die hydraulische Arbeit und führen daher zwangsläufig zum Leistungsverlust.

Die Einsatzbereiche der jeweiligen Betriebsstoffe sind vom Hersteller angegeben. Auch kann man Zusätze für tiefe Temperaturen (Kühlerfrostschutz, Kraftstoffzusätze) bei den Herstellern beziehen und zumischen.

### Bedienung des Gerätes

Einen wesentlichen Einfluss auf die Leistung hat die Bedienung des Gerätes durch den Arbeitnehmer. Geübte Geräteführer können anspruchsvolles Gelände rascher und mit geringerem Aufwand überwinden. Dadurch sinkt die Belastung für die Maschine. Weiters ist bei einer vorausschauenden Bedienung (Volllasttouren, Leerlaufzeiten,...) mit geringerem Kraftstoffverbrauch zu rechnen. Grundsätzlich sollten Leistungsreserven zur Verfügung stehen (ausreichende Dimensionierung) um eine Überbeanspruchung des Gerätes zu vermeiden. Leistungsminderungen können je nach örtlichen Gegebenheiten und Erfahrung der Geräteführer bei der Kalkulation und Arbeitsvorbereitung mit ca. 5-10% angenommen werden.

## **5.2 Motoren**

### **5.2.1 Dieselmotoren**

#### Funktionsweise<sup>11</sup>

Bei einem Verbrennungsmotor wird ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in einem Zylinder entzündet und verbrannt. Der durch die temperaturbedingte Wärmeausdehnung der Verbrennungsgase entstehende Druck wirkt auf einen Kolben, der weiters eine Welle in Bewegung setzt.

Beim Diesel-Verbrennungsverfahren wird ausschließlich Luft in den Zylinder zugeführt. Diese wird zunächst im Zylinder hoch verdichtet, wodurch sie sich auf etwa 700 bis 900 °C erwärmt. Anschließend wird der Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt. Durch die hohe Temperatur beginnt der Kraftstoff zu verdampfen und das Dampf-Luft-Gemisch entzündet sich.

Die Motorleistung wird durch den Kraftstoffgehalt einer konstanten Gasmenge (qualitativ) geregelt. Diese kann durch die eingespritzte Kraftstoffmenge variiert werden.

---

<sup>11</sup> siehe auch [3] [de.wikipedia.org](https://de.wikipedia.org) [Verbrennungsmotor, Dieselmotor,...]

Eine effektive Leistungssteigerung von Verbrennungsmotoren kann man vor allem durch eine Aufladung (Zuführen von Luft / Sauerstoff) erreichen. Gängige Maßnahme für die Aufladung ist der Einsatz von Abgasturboladern. Durch die Vorverdichtung der Luft erhält jede Zylinderfüllung mehr Sauerstoff, die Einspritzmenge kann dann erhöht werden, und im gleichen Zylinder wird mehr Kraftstoffenergie bei praktisch gleichen Verlusten umgesetzt.

Grenzen der Leistungssteigerung sind durch auftretende Verdichtungs- und Verbrennungsdrücke, die Einhaltung der Grenzwerte für die Scherbelastung des Ölfilms und die Lagerbelastung sowie durch steigende Stickoxidwerte im unbehandelten Abgas gegeben.

#### Auswirkungen für den Betrieb in höheren Lagen

Bekanntlich nehmen mit der Höhe die Luftdichte und der Sauerstoffgehalt ab. Der Füllungsgrad der Zylinder sowie der für die Verbrennung notwendige Sauerstoff sind somit geringer. Bleibt der Kraftstoffanteil konstant, entsteht ein zu reiches Gemisch (Überfettung) und es kann zu deutlichen Leistungsverlusten kommen.

In neueren Motoren wird die Einspritzung des Kraftstoffes elektronisch gesteuert. Über einen Höhengsensor wird die Motorleistung automatisch angepasst.

Bei niedrigen Temperaturen wird der Sättigungswasserdampfdruck schneller erreicht als bei höheren Temperaturen. Wird sehr feuchte Luft angesaugt, steht volumenmäßig weniger Luft für die Verbrennung im Zylinder zu Verfügung. Bleibt die Kraftstoffmenge gleich, entsteht wieder ein übermäßig angereichertes Gemisch. Die Luftfeuchtigkeit verzögert außerdem die Verbrennung, wodurch ebenfalls die Leistung herabgesetzt wird.

Bei Geräteeinsätzen über 2.500 m sollte grundsätzlich eine Leistungsreserve von mind. 20 % kalkuliert werden. Somit können eventuell auftretende Leistungsverluste ausgeglichen werden. Ebenfalls verringert sich der Kraftstoffverbrauch, wenn das Gerät nicht unter voller Auslastung läuft.<sup>12</sup>

Für Motoren, welche keine elektronische Steuerung für die Höhenanpassung haben, können bei den jeweiligen Herstellern Leistungskurven bezogen werden.

---

<sup>12</sup> lt. Auskunft Fa. Deutz AG

Technische Daten  
technical explanation  
Leistungsreduktion  
power derating

BFM 2012  
BFM 1013E/EC/ECP/FC  
COM II / EPA II

Seite/Page  
2.203/E



Leistungsguppe 1 und 2 / powercategory 1 and 2

		Umgebungstemperatur / ambient temperature [°C]												
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Einsatzhöhe / altitude [m]	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94
	500	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90
	1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,90	0,88	0,88
	1500	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,90	0,88	0,86	0,86
	2000	1,00	1,00	1,00	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86	0,85	0,85
	2500	0,94	0,90	0,87	0,86	0,84	0,82	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,77
	3000	0,89	0,85	0,82	0,79	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73	0,72
	3500	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67
	4000	0,77	0,74	0,72	0,69	0,66	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62	0,62	0,61
	4500	0,72	0,69	0,66	0,64	0,61	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57
	5000	0,66	0,63	0,61	0,58	0,56	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52

22.08.2015 TE-DB / Hamh

Abbildung 11 Leistungsreduktion von Motoren (Deutz)

Für eine grobe Abschätzung kann auch folgende Tabelle herangezogen werden.

Motortyp	Leistungsreduzierung in % pro 1000 m	Leistungsreduzierung in % pro 10 °C Temperaturerhöhung
Saugmotor	12	3,6
Kompressormotor	8	5,4
Leistungsreduzierung bei Verbrennungsmotoren durch höhere Temperaturen und Höhengaufstellung		

Abbildung 12 Leistungsreduktion von Verbrennungsmotoren (Handbuch der Drucklufttechnik, Atlas Copco)

### 5.2.2 Elektromotoren

#### Funktionsweise<sup>13</sup>

Der Elektromotor wandelt elektrische Energie in mechanische Arbeit um. Dabei wird die Kraft, die von einem Magnetfeld auf die stromdurchflossenen Leiter einer Spule ausgeübt wird, in Bewegung umgesetzt.

<sup>13</sup> siehe auch [3] de.wikipedia.org [Elektromotor,...]

Am häufigsten kommt der Drehstrommotor zur Anwendung. Dieser besteht aus einem fest stehenden Käfig und dem rotierenden Läufer. Der Käfig wird mit dem Drei-Phasen-Stromnetz verbunden, der Stromfluss in den Wicklungen des Käfigs führt zu einem rotierenden Magnetfeld. Dieses Magnetfeld erzeugt wiederum im Läufer einen Stromfluss und es wird ebenfalls ein Magnetfeld aufgebaut. Durch die Wechselwirkung der beiden Magnetfelder entsteht ein Drehmoment, welches die Läuferwelle antreibt. Verluste können durch den elektrischen Widerstand, durch Ventilation, Wärmeentwicklung und Reibung entstehen.

Auswirkungen für den Betrieb in höheren Lagen

In höheren Lagen kann die dünnere Luft eine verschlechterte Kühlung der Elektromotoren und somit einen Leistungsverlust mit sich bringen.<sup>14</sup>

Wenn keine Stromzuleitung aus einem bestehenden Versorgungsnetz möglich ist und der Strom vor Ort über Aggregate erzeugt werden muss, ist der Einsatz von Elektromotoren eher fraglich, da Leistungsreduktionen aus der Stromerzeugung sowie den Motoren selbst berücksichtigt werden müssen.

Technische Daten technical explanation Leistungsreduktion power derating		BFM 2012 BFM 1013E/EC/ECP/FC COM II / EPA II		Seite/Page 2.205/E										
Stromerzeugungsaggregate / generating sets														
		Umgebungstemperatur / ambient temperature [°C]												
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Einsatzhöhe / altitude [m]	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94
	500	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,93	0,92	0,88
	1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,89	0,86	0,83
	1500	0,96	0,95	0,93	0,94	0,93	0,92	0,91	0,92	0,88	0,85	0,84	0,81	0,77
	2000	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,87	0,84	0,80	0,78	0,76	0,72
	2500	0,84	0,84	0,83	0,82	0,82	0,81	0,82	0,82	0,79	0,76	0,73	0,72	0,68
	3000	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,77	0,77	0,78	0,74	0,71	0,69	0,67	0,64
	3500	0,74	0,73	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,72	0,71	0,68	0,66	0,64	0,60
	4000	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,66	0,65	0,63	0,61	0,59	0,56
	4500	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,62	0,60	0,60	0,59	0,58	0,55	0,54	0,52
	5000	0,60	0,61	0,60	0,61	0,60	0,60	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49	0,47

Abbildung 13 Leistungsreduktion von Stromaggregaten (Deutz)

<sup>14</sup> [11] Atlas Copco, Handbuch der Drucklufttechnik

Bis zu Höhen von 1.000 m und Umgebungstemperaturen von bis zu 40°C können Standardmotoren ohne Einschränkungen betrieben werden. Bei größeren Höhen kann nachstehende Tabelle zur Abschätzung der Motorleistung herangezogen werden.

Höhe über Meeresniveau	Umgebungstemperatur °C					
	<30	30-40	45	50	55	60
1000 m	107	100	96	92	87	82
1500 m	104	97	93	89	84	79
2000 m	100	94	90	86	82	77
2500 m	96	90	86	83	78	74
3000 m	92	86	82	79	75	70
3500 m	88	82	79	75	71	6
4000 m	82	77	74	71	67	63
Zulässige Belastung von Elektromotoren in % der Nennleistung						

**Abbildung 14 Belastung von Elektromotoren  
(Handbuch der Drucklufttechnik, Atlas Copco)**

### 5.3 Kompressoren<sup>15</sup>

Entscheidend für die Auslegung einer Kompressorstation bei einer Höhenaufstellung sind folgende Punkte:

- Auslegung für das Druckverhältnis, den Absolutdruck oder den Überdruck
- Bestimmter Volumenstrom oder Massenstrom erforderlich
- Bestimmte Drucklufttemperatur erforderlich

Daher müssen bei der Auswahl des Kompressors folgende Angaben berücksichtigt werden:

- Seehöhe / Umgebungsdruck
- Umgebungstemperatur
- Feuchtigkeit
- Kühlmitteltemperatur
- Kompressortyp
- Antriebsart

Diese beeinflussen den maximal möglichen Betriebsüberdruck, den Volumenstrom, den Leistungsbedarf sowie den Kühlbedarf.

Am größten ist der Einfluss des vorhandenen Luftdruckes (vgl. Kapitel 3.1). Dieser beeinflusst sowohl den Wirkungsgrad als auch den Leistungsbedarf des Kompressors. Je

<sup>15</sup> siehe auch [11] Atlas Copco, Handbuch der Drucklufttechnik

nach Bauart des Kompressors haben auch Umgebungs-, Kühlmitteltemperatur sowie Feuchtigkeit Auswirkungen auf die Leistung.

Kompressorart	Reduzierung pro 1000 m	
	Volumenstrom in %	Massenstrom in %
Einstufiger ölfreier Schraubenkompressor	0,3	11
Zweistufiger ölfreier Schraubenkompressor	0,2	11
Einstufiger öleingespritzter Schraubenkompressor	0,5	12
Einstufiger Kolbenkompressor	5	17
Zweistufiger Kolbenkompressor	2	13
Mehrstufiger Kolbenkompressor	0,4	12
Ungefährer Einfluss der Höhengestellung auf Volumen- und Massenstrom bei 7 bar und konstanter Temperatur		

**Abbildung 15 Reduktion von Volumen- und Massenstrom bei Kompressoren  
(Handbuch der Drucklufttechnik, Atlas Copco)**

Die im Kapitel 5.2 behandelten Leistungsminderungen von Motoren sind auch auf die Kompressorleistung umzulegen. Bei Elektromotoren verschlechtert die dünne Luft die Kühlung der Motoren (vgl. Kapitel 5.2.2). Bei Verbrennungsmotoren hängt der Grad der Leistungsminderung im Allgemeinen vom Motortyp und von dessen Luftzufuhr ab (vgl. Kapitel 5.2.1). Weiters ist bei beiden Motoren anzumerken, dass die Leistungsminderung schneller zunimmt als die benötigte Wellenleistung. Daher gibt es für jede Kompressor-Motor-Kombination eine maximal zulässige Betriebshöhe.

Für die entsprechenden Berechnungen von Kompressoranlagen in Höhenlagen ist zu berücksichtigen, dass alle Angaben bezogen auf die Bedingungen vor Ort angegeben werden oder eine Umrechnung der Normbedingungen angestellt wird. Hierbei fließen Temperatur und Luftdruck in die Formeln ein.

$$V_{FAD} = Q_N \cdot (273 + T_i) \cdot 1,013 / 273 \cdot P_i$$

$V_{FAD}$  \_\_\_\_\_ erf. Volumenstrom vor Ort [l/s]

$Q_N$  \_\_\_\_\_ erf. Volumenstrom im Normzustand [l/s]

$T_i$  \_\_\_\_\_ Umgebungstemperatur [°C]

$P_i$  \_\_\_\_\_ Umgebungsdruck [bar]

Grundsätzlich sollten alle relevanten Betriebsdaten dem Kompressorhersteller mitgeteilt werden, um diesem eine genaue Berechnung und Auslegung des Gerätes bei einer Höhengestellung zu ermöglichen.

## **6 Leistungsfähigkeit des Menschen**

### **6.1 Medizinische Grundlagen, Höhenphysiologie<sup>16</sup>**

Das Ziel der Höhenphysiologie ist es die Veränderungen im menschlichen Körper bei Aufenthalt in hohen Regionen zu beschreiben.

Der mit zunehmender Höhe abnehmende Luftdruck und Partialdruck des Sauerstoffes ist der bislang wichtigste bekannte Faktor, welcher die Veränderungen im Menschen in der Höhe beeinflusst.

Die veränderten Druckverhältnisse und die niedrige Lufttemperatur führen ebenfalls dazu, dass vermehrt Wasserdampf von den Zellen in die Umgebungsluft abgepresst wird und so der Flüssigkeitsverlust über die Atemluft in der Höhe beträchtlich zunimmt.

Die Anpassung des menschlichen Körpers an die Höhe wird vor allem durch Veränderungen der Atmung, des Blutes und zu einem kleinen Teil durch die Niere und Leber gewährleistet. Der größte Anteil der Anpassung findet in den ersten 3-10 Tagen statt, wobei auch noch nach 4-6 Wochen leistungsabhängige Veränderungen stattfinden können. Die endgültige Höhenanpassung dauert jedoch Monate bis Jahre.

#### **6.1.1 Atmungsregulation**

Normalerweise wird die Atmung durch den Gehalt an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) im Blut, dem Abfallprodukt des Stoffwechsels, reguliert.

Nimmt der CO<sub>2</sub> Gehalt im Blut bei vermehrter körperlicher Arbeit zu, wird die Atmung beschleunigt, das CO<sub>2</sub> abgeatmet, und so der normale CO<sub>2</sub> Pegel und der davon abhängige Säure-Basen-Status im Blut wieder hergestellt.

Nimmt nun der Sauerstoffgehalt der eingeatmeten Luft während eines Aufenthaltes in der Höhe ab, merkt dies das CO<sub>2</sub> Reglersystem im Körper vorerst nicht und es wird gleichstark weitergeatmet. Dadurch gelangt aber nicht genügend Sauerstoff ins Blut und Gewebe. Es entsteht ein Sauerstoffdefizit oder Hypoxie.

---

<sup>16</sup> siehe auch [12] Schmidt/Thews, Physiologie des Menschen

Geschieht dieser Sauerstoffabfall und Hypoxie besonders schnell, zum Beispiel während eines raschen Aufstieges, kann das Sauerstoffdefizit im Körper so groß werden, dass Symptome der Höhenkrankheit auftreten.

Erst nach einer (gewissen) Zeit von einigen Stunden beginnt das Sauerstoffreglersystem des Körpers auf die Hypoxie mit einer Mehratmung zu reagieren um so die Sauerstoffanreicherung im Blut zu erhöhen.

Diese Mehratmung führt jedoch wieder zu einer verstärkten Abatmung des CO<sub>2</sub> und folgendem Anstieg des pH. Dies führt wiederum zu einer Hemmung der Atmung über das CO<sub>2</sub> / pH Reglersystem. Da die Atmung neben der Funktion der Sauerstoffaufnahme auch für die unmittelbare Kontrolle des Säure-Basen Haushaltes verantwortlich ist, kann die Mehratmung nur bis zu einem bestimmten Ausmaß gesteigert werden.

Wiederum nach einiger Zeit beginnen jedoch die Nieren den durch den CO<sub>2</sub> Verlust ansteigenden pH – Wert durch vermehrtes Ausscheiden von NaHCO<sub>3</sub> in den Urin zu kompensieren. Verschiedene Reglermechanismen, die von unterschiedlichen Parametern abhängig sind, kontrollieren die Atmung und versuchen das biochemische Gleichgewicht beizubehalten.

Während dieser Anpassungs- oder Akklimatisationsphase nimmt so die Atmung vor allem in den 5 - 10 ersten Tagen stetig zu, bis sie schließlich nach 4 - 6 Wochen das Maximum erreicht. Das Atemzeitvolumen kann so bis um 50 % gesteigert werden.

### **6.1.2 Blut und Kreislauf**

Die Funktion der roten Blutkörperchen ist es, den Sauerstoff von den Lungen in alle Regionen des Körpers zu transportieren.

Der Aufenthalt in Höhe und der damit verbundene Sauerstoffmangel führen zu einer Vermehrung der roten Blutkörperchen um etwa 20 % in den ersten 10 Tagen. Die Sauerstofftransportkapazität des Blutes wird so deutlich erhöht. Als Folge davon nimmt aber auch die Flüssigkeitsdichte (Viskosität) des Blutes zu, was die Gefahr für Thrombosen und Thromboembolien erhöht.

Während der ersten Tage in Höhe nimmt die Pulsfrequenz zu um mit zunehmender Anpassung wieder abzunehmen, bis schließlich die gleiche Ruheherzfrequenz wie in tiefen Regionen erreicht wird. Das Herzzeitvolumen in Ruhe ist leicht erhöht, wobei es bei maximaler Anstrengung vermindert ist.

Die Blutgefäße werden durch den Sauerstoffmangel weit gestellt und so der Widerstand vermindert. Das Herzzeitvolumen nimmt zu. Eine Ausnahme bilden die Lungengefäße,

welche sich durch die Hypoxie zusammenziehen und so den Blutdruck im Lungenkreislauf erhöhen. Es wird vermutet, dass dieser Mechanismus zum Lungenödem führt.

### 6.1.3 Thermoregulation

Der Körper kann bezüglich Thermoregulation in zwei Zonen eingeteilt werden. Die Kernzone beinhaltet alle lebenswichtigen inneren Organe einschließlich dem Gehirn und zeichnet sich dadurch aus, dass ihre Temperatur über ein großes Ausmaß verschiedener Umweltbedingungen stabil bleibt. Dies ist nötig um die Funktion dieser lebenswichtigen Organe aufrecht zu erhalten.

Die zweite Zone, die Oberflächenzone, beinhaltet vor allem die Extremitäten und die Haut. Ihre Temperatur zeigt sehr große Schwankungen und wirkt als temperaturregulierendes Organ. Die Kopfhaut ist die am wenigsten flexible Zone bezüglich der Isolation. Sie kann bei 4°C die Hälfte der vom Körper produzierten Wärme verschwenden. Das Gehirn selbst agiert als Thermostat und regelt die Hitzeproduktion und -abgabe.

Eine vermehrte Wärmeproduktion ist auch immer mit einem vermehrten Sauerstoffverbrauch gekoppelt. So kann das unwillkürliche Muskelzittern bei Kälte den Sauerstoffgrundumsatz und die Wärmeproduktion um das 2 bis 3 fache erhöhen. Jedoch ist der Wärmeverlust durch die Muskeln wiederum vergrößert, sodass nur 48 % der produzierten Wärme im Körper behalten werden können.

Da die Sauerstoffaufnahme limitiert ist, kann bei extremer Kälte und Anstrengung der Sauerstoff für die Wärmeproduktion nicht mehr ausreichen und eine Hypothermie entstehen (Körperkerntemperatur < 35 Grad).

## 6.2 Höhenkrankheit<sup>17</sup>

Die Höhenkrankheit kann beim schnellen Anstieg in mittleren bis großen Höhen auftreten, meistens ab 3000 m. Bei älteren Personen sind die Symptome schon ab 2000 m möglich. Körperliche Aktivität und ein schlechter Allgemeinzustand fördern das Auftreten der Krankheitszeichen. Der Grund für die auftretenden Symptome ist der Sauerstoffmangel im Gewebe, besonders in den Nervenzellen des Gehirns.

Die ersten Anzeichen sind Atemnot und Herzklopfen, begleitet von Blässe und Schweißausbrüchen. Außerdem können Übelkeit, Erbrechen und Schwindel auftreten. Es kann zu psychologischen Veränderungen wie Euphorie, Überbewertung des Eigenkönnens, zu Konzentrationsstörungen und Teilnahmslosigkeit kommen. Ab 4.000 m treten vermehrt

---

<sup>17</sup> siehe auch [13]Schobesberger Wolfgang, OEAV-Mitteilungen 1/90

Gesichtsfeldeinschränkungen und eine Verschlechterung des Farbsehens auf. Eine Hypoxie kann auch bis zur Bewusstlosigkeit und zum Atemstillstand führen.

Man kann die Höhenkrankheit (nach Oelz) in zwei Untergruppen einteilen.

### 6.2.1 Höhenstörung

Symptome: leichte bis mittelschwere **Kopfschmerzen**, Schlafstörungen, Ödeme, verminderte Wasser- und Salzausscheidung.

### 6.2.2 Akute Bergkrankheit

Akute Höhenkrankheit (AMS, Vorkommen: 40 bis 70 %)

Symptome: **Kopfschmerzen**, Appetitverlust, Übelkeit, Erbrechen, Müdigkeit, Atemnot, Schwindel, Ohrensausen, Schlafschwierigkeiten, Ödeme, verminderte Wasser- und Salzausscheidung

Höhenlungenödem (HAPE, Vorkommen: 1 bis 3 %)

Symptome: Symptome: Atemnot, **Husten**, Keuchen, blaue Lippen, Schnellatmigkeit, rosa schaumiger bis blutiger Auswurf.

Höhenhirnödem (HACE, Vorkommen: um 1 %)

Symptome: schwere, auf Aspirin nicht wirkende Kopfschmerzen, Fehleinschätzungen, **Koordinationsstörungen**, Schwindel, Desorientierung, Sprachschwierigkeiten, Verwirrung, Schläfrigkeit, Ohrensausen, Nackensteife, Augenflackern, Bewusstseinsverlust

### 6.2.3 Akklimatisation

Durch die Akklimatisation wird der Ausbruch der Höhenkrankheit, welcher immer das Resultat einer Missachtung der Regeln der Akklimatisation ist, in all seinen Formen verhindert.

Die Akklimatisation findet Schritt für Schritt statt. Sie muss für jede neu erreichte Höhe wieder angepasst werden. Bestimmend ist die Höhe, auf welcher geschlafen wird. Erreicht man eine neue Schlafhöhe, muss der ganze Prozess der Akklimatisation wieder von Neuem geschehen.

Die Akklimatisation endet etwa bei einer Höhe von 5.300 m. In höheren Regionen kann keine konstante Akklimatisation oder Erholung von vorhergehenden Aufstiegen mehr erreicht werden.

Die Akklimatisationszeit hängt von der Aufstiegs geschwindigkeit, der absolut erreichten Höhe, der Höhendifferenz zwischen zwei Aufenthaltsorten und der allgemeinen gesundheitlichen Kondition ab.

Weiter ist sie individuell sehr variabel. Menschen mit einer guten Reaktion der Atmungsverstärkung oder Mehratmung auf Hypoxie sind deutlich weniger für die Höhenkrankheit anfällig. In Abhängigkeit dieser Faktoren beträgt die Akklimatisationszeit zwischen 3 und 14 Tagen.

Einige wichtige Prinzipien der Akklimatisation:

- langsamer Aufstieg (Vorsicht bei Seilbahnbeförderung)
- Vermeidung von Überanstrengung während der Akklimatisation
- Ab 2.500 m bis 3.000 m die Schlafhöhe täglich um nicht mehr als 300 m steigern
- Möglichst frühes Erkennen von Symptomen mit folgendem schnellem Abstieg
- Nie mit Symptomen der Höhenkrankheit auf eine neue Höhe ansteigen
- Falls Symptome der Höhenkrankheit bei gleicher Höhe schlechter werden, sofort absteigen

Ebenso können auch Medikamente für die Unterstützung der Akklimatisation verwendet werden. Sie ersetzen jedoch nie das Einhalten der Regeln für das Erreichen einer symptomlosen Akklimatisation, sondern sind eher für Menschen gedacht, welche als sehr anfällig für die Höhenkrankheit gelten.

Als Zeichen einer gut erreichten Akklimatisation kehrt die Ruheherzfrequenz, welche während der Akklimatisation erhöht ist, wieder auf Normalwerte zurück. Vermehrtes Wasserlassen vor allem in der Nacht ist ebenfalls ein Zeichen guter Akklimatisation.

### **6.3 Flüssigkeitsverlust<sup>18</sup>**

Der Flüssigkeitsverlust über die Atemluft nimmt zu, je höher der Bergsteiger hochklettert. Dieser Flüssigkeitsverlust oder Dehydratation hat zwar keinen Einfluss auf die Akklimatisation oder die Höhenkrankheit, kann aber anderweitig gefährlich werden.

Daraus resultiert eine Eindickung des Blutes, welche die Bildung von Blutgerinnseln (Thrombosen), Thrombembolien wie Lungenembolie und den Verschluss kleiner Blutgefäße begünstigt. Dies wiederum führt leichter zu Erfrierungserscheinungen.

---

<sup>18</sup> siehe auch [14] Schweizer Andreas, [www.turntillburn.ch](http://www.turntillburn.ch) [Höhenmedizin]

Es soll bei längeren Höheng Aufenthalten die täglich ausgeschiedene Urinmenge gemessen werden. Weniger als 1 Liter in 24 Stunden bedeutet ein Alarmzeichen, ebenfalls das Ansteigen der Ruhepulsfrequenz.

#### **6.4 Wärmeverlust<sup>19</sup>**

Folgende Mechanismen führen zum Wärmeverlust und folgend zur Unterkühlung (Hypothermie):

Die Wärmeleitung, bei welcher die Wärme direkt an das Umgebungsmilieu weitergeleitet wird, hängt vor allem von der Wärmeleitfähigkeit des Umgebungsmaterials ab. Luft (Daunenjacke) hat eine niedrige Wärmeleitfähigkeit und ist so ein guter Isolator im Vergleich zu Wasser (nasse Kleidung).

Der Hitzeverlust durch Wärmefluss findet dadurch statt, dass die an die Umgebung abgeführte Wärme gleich abtransportiert wird. Das aufgewärmte Umgebungsmilieu wird kontinuierlich ersetzt (Wind). Hitzeverlust durch Strahlung mittels langwelliger Infrarotwellen ist nicht an ein Transportmedium gebunden und wird oft vernachlässigt (Stehen neben oder auf einem Gletscher).

Ein weiterer Wärmeverlustmechanismus ist das Verdampfen von Wasser auf der Körperoberfläche oder über die Atmung, welches immer mit einem Energieverlust einhergeht. Selbst bei feuchtem Wetter gehen so 10-15 % der Wärme über die Atmung verloren.

##### Stadien der Hypothermie:

- Klares Bewusstsein mit Muskelzittern (35-32°C)
- Vermindertes Bewusstsein ohne Muskelzittern (32-28°C)
- Bewusstlosigkeit (28-24°C)
- Scheintod (Reanimation möglich) (24-15°C)
- Tod durch irreversible Hypothermie (< 15°C)

##### Wärmeverlust über die Atmung

Auch bei bester Kleidung und Isolation ist der Wärmeverlust besonders bei Kälte, in der Höhe und bei trockener Luft über die Atmung beträchtlich. Es liegt nahe die durch die Atemluft verlorene Wärme wieder zurückzuführen. Auch ein vor die Atemwege gehaltener dicker Schal kann die Aufgabe zum Teil erfüllen. Dies hat den Vorteil, dass ebenfalls der durch die Atemluft verlorene Wasserdampf zu einem großen Teil zurückgeführt, und so der Flüssigkeitsverlust minimiert wird. Auch wird die Sauerstoffaufnahmekapazität gesteigert und

---

<sup>19</sup> siehe auch [14] Schweizer Andreas, [www.turntillburn.ch](http://www.turntillburn.ch) [Höhenmedizin]

der Verbrauch des Sauerstoffes vermindert, sobald das Muskelzittern durch die Wärmezufuhr aufgehört hat.

## 6.5 Auswirkungen und Leistungsminderung

In 4.000 m Höhe ist der Partialdruck des Sauerstoffes in den Lungenbläschen weniger als die Hälfte so groß wie auf Meereshöhe. Da aber im Gegensatz dazu der Druck in den Zellen praktisch gleich groß bleibt, gelangt nur noch halb soviel Sauerstoff in das Gewebe.

Es steht also nur noch halb soviel Sauerstoff für den aeroben Stoffwechsel zur Verfügung („Hypoxie“). Dementsprechend ist die körperliche Leistungs- und Entscheidungsfähigkeit deutlich eingeschränkt.

Diese Einschränkung der körperlichen Höchstleistung liegt bei 10 % auf 2.000 m und bei 20% auf 3.500 m.

Wie schon oben erwähnt, haben auch die Witterungsverhältnisse (Feuchtigkeit, Kälte, Wind) einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Genauere Werte hierfür sind nicht bekannt.

Ab einer Höhe von ca. 4.000 m kann eine euphorische Stimmung eintreten. Dies kann Fehlentscheidungen hervorrufen und ein Unterschätzen von Gefahren mit sich bringen.<sup>20</sup>

## 6.6 Psychologische Aspekte

Neben dem medizinischen Aspekt darf auch die psychologische Wirkung der Umgebung auf den Arbeitnehmer nicht außer Betracht gelassen werden. So kann eine sehr exponierte oder abgeschiedene Lage der Baustelle ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben. Extreme Witterungsverhältnisse wirken sich auf Menschen, die diese nicht gewohnt sind, ungünstig aus.

Durch eine im Hinblick auf die vorherrschenden örtlichen Gegebenheiten getroffene Auswahl an Arbeitnehmern und die Einrichtung von Gemeinschaftsräumen, Freizeitmöglichkeiten, usw. kann die Leistungsfähigkeit erhalten bzw. gesteigert werden.

---

<sup>20</sup> [15] Senn Tamara 2003, Gleitschirm 9/03

## 7 Gesetzliche Grundlagen

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die anzuwendenden Gesetze, Verordnungen und Richtlinien geben. Die gesetzlichen Grundlagen werden nur insoweit im Folgenden angeführt, als sie spezielle Regelungen für Baustellen in Höhenlagen beinhalten oder nur für Höhenbaustellen gültig sind. Eine vollständige Aufzählung der gesetzlichen Grundlagen ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Die rechtlichen Grundlagen sind teils diverse Landesgesetze, teils Bundesgesetze sowie europäische Rechtsnormen.

Gesetze durch Verordnungen, durch Ausführungsgesetze und durch Bewilligungsbescheide konkretisiert.

Die gesetzlichen Grundlagen werden durch den Bescheid auf den Einzelfall angewendet und dieser bewilligt. Im Bescheid erfolgen die Einschränkungen, Auflagen und Strafbestimmungen für Verstöße.

Der Auftraggeber hat die bescheidmäßige Bewilligung zu beantragen. Er ist der Berechtigte und Verpflichtete des Bescheides. Bei der Auftragserteilung werden die Rechte und Pflichten der Ausführung im Rahmen des Bescheides an den AN übertragen.

Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass zuerst die einschlägigen Rechtsbereiche zu prüfen sind und anschließend die Sachverhalte festzustellen sind, welche diesen Regelungen unterliegen.

### 7.1 Arbeitsrechtliche Vorschriften

#### Sicherheitsfragen am Arbeitsplatz und –Zugang

Für die Sicherheit der Arbeitnehmer sind weiters folgende Gesetze und Verordnungen sowie Richtlinien zu beachten:

- BauarbeiterschutVO
- ANSchG
- Steinbruchverordnung (BGBl. Nr. 253/1955 i. d. g. F.)
- VO über die Festsetzung von Reisezulagen
- Arbeitsmittelverordnung
- AUVA Empfehlungen
- Sonderregelungen (Sprengstoff, Lawinen)

### Sonderregelung Lawinengefahr

Baustellen und Baustellenzufahrten können bei Schneelage durch Lawinen gefährdet sein. Ist dies der Fall, beurteilt in der Regel die Lawinenkommission die Situation. Die Straßenpolizeibehörde, die Straßenaufsicht oder der Straßenerhalter entscheiden auf der Grundlage der Beurteilung (=Gutachten) der örtlichen Lawinenkommission über Zugangsbeschränkungen oder Sperren (§ 44b StVO). Die rechtliche Grundlage für die Lawinenkommission findet sich in Tirol im Gesetz über die Einrichtung eines Katastrophenhilfsdienstes (KatHDG) und im Gesetz über die Lawinenkommissionen in den Gemeinden.

*Gesetz vom 10. Oktober 1991 über die Lawinenkommissionen in den Gemeinden (Änderung 111/2001)*

*...§ 1 Einrichtung*

*(1) Die Gemeinden, in deren Gebiet die Gefahr von Lawinenkatastrophen besteht, haben eine Lawinenkommission einzurichten.*

*(2) Lawinenkatastrophen im Sinne dieses Gesetzes sind Lawinenereignisse, die in großem Umfang das Leben oder die Gesundheit von Menschen oder Eigentum gefährden, insbesondere in Siedlungsgebieten, auf Straßen und Wegen mit öffentlichem Verkehr, bei Lift- und Seilbahnanlagen oder bei Sportanlagen, wie Schipisten, Loipen, Rodelbahnen und dergleichen.*

*...*

*§ 3 Aufgaben*

*1) Der Lawinenkommission obliegen:*

*a) die Aufgaben als Gemeinde-Einsatzleitung nach dem Katastrophenhilfsdienstgesetz, LGBl. Nr. 5/1974, in der jeweils geltenden Fassung in Bezug auf Lawinenkatastrophen;*

*b) die Beurteilung der Lawinensituation im Auftrag der jeweiligen Straßenpolizeibehörde im Zusammenhang mit der Erlassung und der Aufhebung von Verkehrsverboten und Verkehrsbeschränkungen, insbesondere von Straßensperren, sowie der Organe der Straßenaufsicht, des Straßenerhalters und der Feuerwehr im Zusammenhang mit der Anordnung von Verkehrsbeschränkungen nach den straßenpolizeilichen Vorschriften infolge Lawinengefahr.*

*2) Die Lawinenkommission hat auf Verlangen der Betreiber von Lift- und Seilbahnanlagen sowie von Sportanlagen, wie Schipisten, Loipen, Rodelbahnen und dergleichen, die Lawinensituation in Bezug auf diese Anlagen zu beurteilen. Die Gemeinde hat dafür gegenüber dem Betreiber Anspruch auf ein angemessenes Entgelt. Für die Geltendmachung dieses Anspruches steht der ordentliche Rechtsweg offen.*

*3) Durch schriftlichen Vertrag zwischen Gemeinden können die Aufgaben der Lawinenkommission nach § 3 Abs. 1 lit. b und Abs. 2 zur Gänze oder in bestimmt zu*

bezeichnenden Bereichen der Lawinenkommission einer anderen Gemeinde übertragen werden. Ein solcher Vertrag bedarf zu seiner Wirksamkeit der Genehmigung der Landesregierung. Die Genehmigung ist zu erteilen, wenn der Umfang der Übertragung bestimmt feststeht und die Erfüllung der Aufgaben der Lawinenkommission gewährleistet ist. Die Landesregierung hat die Erteilung der Genehmigung unverzüglich im Boten für Tirol zu verlautbaren.

...<sup>21</sup>

### Kollektivvertrag

Im Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe (Stand 1. Mai 2008) ist die Entlohnung von Arbeiten in Höhenlage über Zulagen geregelt.

#### ...§ 6. ERSCHWERNISSZULAGEN

1.) Für nachstehende Arbeiten gebühren Zulagen auf den Kollektivvertragslohn für die Zeit, während welcher diese Arbeiten geleistet werden. Bei Zusammentreffen mehrerer Zulagen sind grundsätzlich bis zu zwei Arbeitszulagen nebeneinander zu bezahlen, und zwar die beiden höchsten Zulagen. Ortsbedingte Höhenzulagen sowie Zulagen für Trockenbohrungen unter Tag fallen nicht unter diese Einschränkung. ...

##### s) Arbeiten im Gebirge

von 800 m bis 1200 m	9%
über 1200 m bis 1600 m	14%
über 1600 m bis 2000 m	18%
über 2000 m	22%

des Stundenlohnes der Beschäftigungsgruppe III b.

Diese Regelung gilt nicht für Arbeitsstellen, die bis zu 200 m oberhalb des Durchschnittsniveaus einer geschlossenen Wohnsiedlung liegen. Für Arbeitsstellen bis zu 200 m oberhalb des Durchschnittsniveaus einer geschlossenen Wohnsiedlung beträgt die Höhenzulage:

über 1600 m bis 2000 m	9%,
über 2000 m	11%

des Stundenlohnes der Beschäftigungsgruppe III b.

Für Bauzwecke errichtete Wohnlager gelten nicht als geschlossene Wohnsiedlung. Für Ausnahmefälle sind Sonderregelungen möglich. Ebenso kann auf Baustellen eine baulosweise Festsetzung der Höhenzulage sinngemäß erfolgen. Solche örtliche Regelungen haben im Einvernehmen mit dem Betriebsrat zu geschehen. ...<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> [16] Gesetz über die Lawinenkommissionen, § 1 bis § 3

<sup>22</sup> [17] Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe, § 6, § 12

Ist ein Anspruch auf Höhenzulage gegeben so hat dies auch Auswirkungen auf den Grundanspruch des Weihnachtsgeldes.

*...§ 12. WEIHNACHTSGELD*

*1.) Arbeitnehmer erhalten nach einmonatiger Betriebszugehörigkeit ein Weihnachtsgeld von 3,41 Stundenlöhnen für während des laufenden Arbeitsverhältnisses im Kalenderjahr jeweils geleistete 39 Stunden. Als Stundenlohn für die Errechnung des Weihnachtsgeldes gilt der kollektivvertragliche Stundenlohn der jeweiligen Lohnkategorie zuzüglich eines Zuschlages von 25 Prozent. Der Urlaub gemäß Bauarbeiter-Urlaubs- und Abfertigungsgesetz sowie entgeltpflichtige Betriebsabwesenheit sind einzurechnen. Das gleiche gilt für die Zeit der Teilnahme an Truppenübungen bzw. Inspektionen, Instruktionen. ...*

*7.) Bei Baustellen, für welche eine Höhenzulage gemäß § 6 lit. s) des Kollektivvertrages für Bauindustrie und Baugewerbe gebührt und auf welchen die Bausaison witterungsbedingten Einschränkungen unterliegt, sind für die Erwerbung des Grundanspruches auf Weihnachtsgeld nur drei Viertel der in Ziffer 1 festgesetzten einmonatigen Betriebszugehörigkeit erforderlich.*

Für Angestellte von Höhenbaustellen gelten die im Anhang des Kollektivvertrages für Angestellte der Baugewerbe und der Bauindustrie festgelegten Zulagen.

*...§ 14. ARBEIT UNTER BESONDEREN ERSCHWERNISSEN*

*1. Für die Dauer der Beschäftigung unter den im Anhang aufgezählten Erschwernissen gebührt dem Angestellten eine Zulage.*

*2. Die Höhe der Zulage ist im Anhang festgelegt.*

*3. Die Regelung bezüglich der Höhenzulage gilt nur für Baustellen, die mehr als 200 m über einer geschlossenen Wohnsiedlung liegen. Diese Einschränkung der 200 m gilt nicht für Baustellen über 1600 m. Für Baustellen bis zu 200 m über einer geschlossenen Wohnsiedlung zwischen 1600 m und 2000 m sowie über 2000 m besteht Anspruch auf Höhenzulage in dem im Anhang festgesetzten Ausmaß. Für Bauzwecke errichtete Wohnlager gelten nicht als geschlossene Wohnsiedlung. Für Ausnahmefälle sind Sonderregelungen zulässig.<sup>23</sup>*

...

---

<sup>23</sup> [18] Kollektivvertrag für Angestellte der Baugewerbe und der Bauindustrie, § 14

ANHANG ZUM KOLLEKTIVVERTRAG FÜR ANGESTELLTE DER BAUGEWERBE UND DER BAUINDUSTRIE 1. Mai 2008

...5. Erschwerniszulagen

Zu § 14:

	Mit Geltung ab	
	1.5.2008	1.5.2009
	in €	in €
<i>Im Abs. 2 beträgt die Zulage je Arbeitsstunde bei einer Beschäftigung</i>		
<i>b) in Höhen von 800 bis 1200 m</i>	1,41	1,46
<i>in Höhen von mehr als 1200–1600 m</i>	1,88	1,94
<i>in Höhen von mehr als 1600–2000 m</i>	2,27	2,35
<i>sofern die Baustelle bis 200 m über einer geschlossenen Wohnsiedlung liegt</i>	1,15	1,19
<i>in Höhen von mehr als 2000 m</i>	3,30	3,41
<i>sofern die Baustelle bis 200 m über einer geschlossenen Wohnsiedlung liegt</i>	1,66	1,72
...		

## 7.2 Baurechtliche Vorschriften

Neben den im jeweiligen Landesgesetz geregelten Bauvorschriften können auch folgende Vorschriften zur Anwendung kommen:

- Seilbahngesetz (Bundesgesetz, - Sicherheit der Seilbahnanlage)
- Güter- und Seilwegegesetz (Landesgesetz, - Errichtung von Güterwegen und Materialseilbahnen)
- Straßengesetz (Bundesgesetze, Landesgesetze)
- Wildbachverbauungsgesetz (RGBI.Nr. 117, betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern idF BGBl. Nr. 54/1959)
- Gefahrenzonenpläne (BGBl. Nr. 436/1976)
- Wasserbautenförderungsgesetz (WBFG 1985, - Finanzierung bzw. Förderung von Hochwasserschutzmaßnahmen und Planungen durch die öffentliche Hand)
- Staubeckenkommission (Sonderkommission des BMLFUW für die Errichtung und Betrieb von Staudämmen und Speicherteichen)

<sup>24</sup> [18] Kollektivvertrag für Angestellte der Baugewerbe und der Bauindustrie, Anhang, Pkt. 5

Weiters ist zu beachten, dass speziell für die Errichtung von Zufahrtsstrassen das Einverständnis aller betroffenen Grundstückseigentümer einzuholen ist. Geschieht dies nicht rechtzeitig, können Streitigkeiten mit unter den Baubeginn wesentlich verzögern.

### **7.3 Wasser-, natur-, umweltschutz- sowie forstrechtliche Vorschriften**

Diese Vorschriften gelten nicht nur für das zu errichtende (auch temporäre) Bauwerk sondern auch für die zur Errichtung notwendigen Maßnahmen (Erschließung, Sicherung, Lagerflächen, Ver- und Entsorgung).

Eine Auflistung von nationalem und internationalem Naturschutzrecht findet man unter: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/naturschutz/naturrecht/>

Zu nennen sind vor allem:

- Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 (UVP-G 2000 i. d. g. F.)
- Naturschutzgesetz (Landesgesetz, Gletschervorfelder)
- Naturschutzverordnung (Landesgesetz, Schutz von Tier- und Pflanzenarten)
- Natura 2000 (Schutzgebietsnetz der Vogelschutz-Richtlinie und der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie FFH-RL, europäisches Recht)
- Rote Liste (für Amphibien, Reptilien, Vögel, Pflanzen,...)
- Forstgesetz (Bundesgesetz, 1975; Rodungen, Gefahrenzonen)
- Wasserrechtsgesetz (WRG 1959, Novelle 2003, Änderungen an Gewässern, Speicherteiche, Wasserfassungen, Wasserab- und -umleitung)
- EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000, Festlegung der Umweltziele für Oberflächengewässer und das Grundwasser, Ein wesentliches Ziel der Richtlinie ist nicht nur der Schutz der Gewässer selbst, sondern auch das Verbot einer Verschlechterung sowie der Schutz und das Gebot die Verbesserung des Zustands der Gewässer und der direkt von den Gewässern abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt)
- Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) mit Deponieverordnung 2008 (Bodenaushub)

#### Internationale Abkommen und Konventionen

Auch auf internationaler Ebene wird versucht, den Naturschutz voranzutreiben. Österreich hat einige internationale Abkommen und Konventionen ratifiziert. Der Beitritt zu internationalen Übereinkommen zum Schutz von Natur und Landschaft erfolgt im Einvernehmen mit den Bundesländern durch den Bund.

Die Alpenkonvention ist ein internationaler, völkerrechtlicher Vertrag zwischen Österreich, der Schweiz, Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Monaco, Slowenien und der

Europäischen Gemeinschaft. Ihr Ziel ist die ganzheitliche und nachhaltige Entwicklung des gesamten Alpenraums (<http://www.alpconv.org>).

Dabei sind besonders die Protokolle der Alpenkonvention Raumplanung und nachhaltige Entwicklung, Naturschutz und Landschaftspflege, Bergwald, Bodenschutz und Energie zu nennen.

## 8 Auswirkungen auf die Planung

### 8.1 Objektplanung

Zu Beginn der Objektplanung sind die Möglichkeiten zur Situierung im Gelände in Hinblick auf rechtliche Auflagen, Grundstücksverhältnisse, Gefährdungsbereiche sowie Untergrundverhältnisse zu untersuchen. Dabei ist das Zusammenwirken der einzelnen Projektbeteiligten wie Gutachter für Wasserrecht, Naturschutz sowie der einzelnen Fachplaner für eine rasche und zielführende Projektabwicklung von großer Bedeutung.

Da die Grundstücke für Zufahrten und eventuell auch das Bauwerk selber (Seilbahnen,...) meist nicht im Eigentum des Bauherren stehen, ist im Vorfeld eine Klärung der Zufahrtsrechte bzw. Nutzungsrechte mit den Grundstückseigentümern notwendig. Ist mit diesen kein Konsens zu finden, muss über andere Varianten nachgedacht werden.

Die Prüfung der Rechtsverhältnisse, im speziellen die Prüfung der naturschutzrechtlichen sowie wasserschutzrechtlichen Vorgaben, entscheidet über die grundsätzliche Realisierbarkeit eines Projektes bzw. ermöglicht eine Abschätzung des zeitlichen Aufwandes der Behördenverfahren zur Genehmigung eines Projektes.

Daher muss vor der Detailplanung eines Projektes abgeklärt werden, ob z.B. seltene Pflanzen- und Tierarten durch das Bauwerk bzw. durch dessen Errichtung gefährdet werden könnten, oder ob ökologisch wertvolle Lebensräume negativ beeinflusst werden können.

Aufgrund der erleichterten Parteistellung für Bürgerinitiativen, Privatpersonen, Interessenverbänden, etc. in den Umweltverträglichkeitsprüfungs-Verfahren durch UVP-G-Verfahren zeitlich lange andauern bzw. zu finanziell sehr aufwendigen Untersuchungen und Vorschreibungen führen. Über die Anwendung des UVP-G im konkreten Fall entscheiden die im Anhang des UVP- G 2000 idgF. festgelegten Grenzwerte. Diese legen fest, ob ein Prüfungsverfahren auf jeden Fall notwendig ist oder nur eventuell als Ergebnis eine Einzelfallprüfung.

Bei Berücksichtigung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte, bereits in der Planung, kann unter anderem auch das notwendige Behördenverfahren wesentlich verkürzt werden, was sich auch in den Planungskosten, und beim Wegfall von diverser Auflagen bei der Bauausführung, auch auf die Gesamtkosten auswirkt.

Beispielsweise ist es bei der Planung eines Speicherteiches im Hochgebirge für Beschneidungszwecke ist es z.B. von wesentlicher Bedeutung ob das Bewilligungsverfahren unter Beiziehung der Staubeckenkommission (erhöhter zeitlicher Aufwand) oder nur durch Sachverständige des jeweiligen Bundeslandes durchgeführt werden kann.

Als weiteres Beispiel sei hier die Wahl einer Seilbahnanlagetype genannt. Die im Seilbahngesetz festgelegten Grenzwerte bezüglich der maximalen Bodenabständen, der maximalen Stützenabständen, der Rettungsanforderungen usw. sind für die Transportkapazität die erforderlichen Seilbahnanlagetype und die Behördenzuständigkeit (Land, Bund) entscheidend.

Bei der Detailplanung müssen die örtlich anzutreffenden Einwirkungen berücksichtigt werden. Wind- und Schneelasten können wesentlich höher ausfallen, als das bei niederen Lagen der Fall ist. Ebenso ist der Einfluss aufgrund von möglichen Lawinenabgängen konstruktiv sowie statisch zu berücksichtigen.

Permafrostböden und Bewegungszonen (Massenbewegungen) treten in großen Höhenlagen oftmals auf. Bei einer Situierung der Bauwerke in solchen Bereichen ist eine Gründung nur mit erheblichem Mehraufwand zu bewerkstelligen (z.B. nachjustierbare Gebäudeauflager, Knopflochlösungen)

Ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten eine wirtschaftliche oder mängelfreie Ausführung des Bauwerkes nicht möglich, so sind – wenn möglich – andere Standorte zu prüfen.

## **8.2 Baubetriebliche Planung**

Auf die baubetriebliche Planung ist vor allem bei Großbaustellen schon vor der Angebotskalkulation Rücksicht zu nehmen, da diese einen wesentlichen Einfluss auf die Preisgestaltung hat.

Neben der Berücksichtigung von angepassten Leistungsansätzen (vgl. Kapitel 10.6, Kapitel 10.7) sind auch Mehraufwendungen betreffend der einzurichtenden Sicherheitsvorkehrungen und Aufwendungen für den Winterbetrieb für den Baubetrieb maßgebend. Weiters ist darauf zu achten, dass die vorgeschriebenen behördlichen Auflagen und sowie Vorschriften eingehalten werden.

In den unten angeführten Kapiteln wird auf die Auswirkungen betreffend die Baustelleneinrichtung und den Baubetrieb eingegangen, welche bei der baubetrieblichen Planung berücksichtigt werden müssen.

## 9 Auswirkungen auf die Baustelleneinrichtung<sup>25</sup>

### 9.1 Material- und Personentransport

#### Fahrweg

Die Abmessung der Fahrwege ist abhängig von den Gerätebreiten, der Häufigkeit und Art des Verkehrsaufkommens (Gegenverkehr) sowie von der Geländebeschaffenheit (Neigung, Untergrund). Bei Schneeräumung oder Befahren der Fahrwege mit Pistenraupen ist eine Mindestbreite der Fahrbahn von 4,50 m einzuhalten. Um eine Befahrbarkeit zu gewährleisten, sollte eine maximale Neigung von 15 % eingehalten werden. In kurzen Abschnitten können auch Neigungen bis 20 % trassiert werden, ohne dass z.B. bei Betontransporten auf kleinere Transportmischer umgeladen werden müsste.



Abbildung 16 Straßentransport



Abbildung 17 Transport mit Panzerfahrzeug

Bei der Ausführung ist auf eine ausreichende Entwässerung der Fahrbahn zu achten (bergseitiger Entwässerungsgraben, 0,5 m bis 1,0 m Breite), bei längerer Nutzungsdauer ist eine Stabilisierung des Untergrundes von Vorteil (je nach Boden durch Sand, Zement oder Kalk).

Für den Winterbetrieb ist das Vorhalten von Streugut empfehlenswert. Dieses kann aus vorhanden Betonkieslager oder eigens errichteten Streugutsilos entnommen werden. Die Körngröße des Streugutes richtet sich nach der Radgröße der Fahrzeuge (z.B. BK 32/65 für 50 t-SKW, 2/4 mm für PKW). Bei Schwerlasttransporten werden als Sicherungsmaßnahme zusätzliche Zuggeräte vorgespannt (LKW, Panzerfahrzeug, Pistenraupe).

---

<sup>25</sup> siehe auch [19] Toussaint Erwin, 1984

### Seilbahn

Der Transport von Material und Personen kann bei unzugänglichem Gelände über Seilbahnen abgewickelt werden. Zweckmäßig werden diese errichtet, wenn der Bau einer Erschließungsstraße nicht möglich ist oder durch den Umfang der Baustelle nicht gerechtfertigt ist.

Bei der Planung von Materialseilbahnen sind schon im Vorfeld die zu transportierenden maximalen Lasten bekannt zu geben, um eine ausreichende Dimensionierung der Seilbahnanlage zu gewährleisten. Bei Gerätetransporten werden schwere Geräte meist in Einzelteilen zerlegt transportiert und vor Ort wieder zusammengebaut.

Die Errichtung von Materialseilbahnen wird in der Regel von Spezialfirmen und mittels Hubschraubertransporten durchgeführt. Die Stützen der Materialseilbahn bestehen dabei meist aus dreieckigen Stahlfachwerkstützen (siehe Abbildung 18) die V-förmig oder als Einzelstütze mit seitlicher Abspannung ausgebildet werden.

Als maximale Last können je nach Geländeverhältnisse und Exposition ca. 20 Tonnen transportiert werden.



**Abbildung 18 Baggertransport mittels Materialseilbahn**

### Hubschrauber

Der Hubschraubertransport ist eine geländeunabhängige Versorgungsmöglichkeit von Baustellen. Diese Art der Baustellenversorgung wird vor allem bei Baustellen in unzugänglichem Gelände und abgelegenen Lagen sowie bei Baustellen mit zahlreich im Gelände verteilten Arbeitsorten (z.B. Liftstützen) eingesetzt. Einen großen Einfluss auf Hubschraubertransporte haben die Witterungsverhältnisse. Bei Nebel ist eine Orientierung im Gelände für den Piloten nicht möglich und sind daher Hubschrauberflüge nicht durchzuführen, ebenso sind Flüge bei starken oder böigem Wind nicht möglich.



**Abbildung 19 Betonflug**

Die Transportleistung von Hubschraubern ist abhängig von der Höhenlage des Einsatzortes, der Lufttemperatur (je höher, desto geringer) und der maximalen Traglast des Hubschraubers.

Höhe über Meeresspiegel	Hubschraubertyp			
	Eurocopter SA 315B Lama	Bell 205 A1 T53/17A	Super Puma AS 332 C1	Kamov KA32
1.000 m	900 kg	1.650 kg	4.400 kg	5.000 kg
1.500 m	850 kg	1.575 kg	4.225 kg	5.000 kg
2.000 m	810 kg	1.500 kg	3.750 kg	5.000 kg
2.500 m	775 kg	1.440 kg	3.225 kg	4.700 kg
3.000 m	700 kg	1.350 kg	2.750 kg	4.200 kg
3.500 m	600 kg	1.260 kg	2.220 kg	3.550 kg
Ungefähre Kosten pro Flugminute	23 EUR	38 EUR	k.A.	160 EUR

**Tabelle 3 Lasttabelle (Fa. Wucher Helicopter GmbH) und Kosten für Flugtransporte**

Die in der Tabelle 3 angegebenen Traglasten können nur bei optimalen Verhältnissen (kein Wind, kurzes Gehänge, horizontaler Flug) erfolgen werden. Bei Montagen müssen zusätzlich Sicherheitsabzüge von 10 % berücksichtigt werden!

Hubschraubertransporte werden von Spezialfirmen durchgeführt. Vor allem bei Schwerlasttransporten ist die Verfügbarkeit der notwendigen Helikopter rechtzeitig abzuklären.

Aufgrund der hohen Kosten (Abrechnung in Minuten!) ist besonders bei Betontransporten auf eine genaue Ablaufplanung wert zu legen, um Stehzeiten für den Hubschrauber zu vermeiden. Das notwendige Einweispersonal wird in der Regel von der Transportfirma beigestellt.

### Sonstiges

In Gletscherschigebieten werden für die Einrichtung der Baustellen sowie beim täglichen Antransport des Personals oft Pistengeräte eingesetzt. Für Personentransporte können diese mit einer eigenen Personenkabine auf dem Rückteil des Pistengerätes ausgestattet werden. Darin finden ca.5 bis 10 Personen (je nach Gepäck) Platz. Bei besonders steilen Geländebedingungen bei der Abfahrt kann eine zusätzliche Sicherung mit einer Seilwinde erfolgen.

Bei Geräteumstellungen (z.B. Raupenfahrzeugen) in Gletscherbereichen sollte bei steilen Geländebedingungen oder der Gefahr von Gletscherspalten Pistengeräte als Sicherungsmaßnahme vorgespannt werden. Gletscherspalten können auch in Bereichen von präparierten Zufahrtswegen eine Gefahr darstellen (Einbrechen von schwerem Gerät).



**Abbildung 20 Einbruch in Gletscherspalte**

Bei Großbaustellen sind für Materialtransporte, soweit es die Topographie des Geländes zulässt, Förderbänder empfehlenswert. Diese können bis zu einer Neigung von 40 % in

Abhängigkeit des zu transportierenden Materials und mit Längen von mehreren Kilometern ausgeführt werden. Werden spezielle Transportbänder (mit Noppen oder Zwischenfächer) verwendet können auch größere Neigungen ausgeführt werden. Richtungsänderungen sind durch Umwurfstationen auszuführen.

Bei Winterbetrieb müssen auf Grund der Vereisungsgefahr die Förderbandanlagen eingehaust werden.

## **9.2 Wasserversorgung und –Entsorgung**

### Wasserversorgung

Die Wasserversorgung kann in erschlossenen Gebieten über die bestehenden Leitungen durchgeführt werden (bei Sanierungen, Umbauten). Bei Neubauten in unerschlossenen Gebieten, welche an ein bestehendes Leitungsnetz angeschlossen werden, kann die Herstellung des Anschlusses schon vor Beginn der eigentlichen Bauarbeiten durchgeführt werden und so eine Wasserversorgung gewährleistet werden.

Ist eine Wasserversorgung über einen Netzanschluss nicht möglich, kann das benötigte Brauchwasser aus sauberen Oberflächenwässern entnommen werden. Trinkwässer sollten nur aus gesicherten Quellen entnommen werden und sind gegebenenfalls aufzubereiten. Entsprechende Qualitätsnachweise werden in den Bewilligungsbescheiden vorgeschrieben. Um eine kontinuierliche Versorgung sicherzustellen, sollten Hochbehälter installiert werden, welche einen vorgegeben Leitungsdruck sowie einen ausreichenden Wasservorrat sicherstellen.

Für die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern und Quellen ist eine wasserrechtliche Bewilligung einzuholen.

Bei hohen Lagen und in Wintermonaten ist auf eine ausreichende Wärmeisolierung der Behälter und Leitungen auf Grund der Frostgefahr zu achten. Bei ganzjährigen Baustellen sollte zusätzlich eine Beheizung der Entnahmestränge vorgesehen werden.

Ist eine Versorgung der Baustelle mit Brauchwasser mit großen Mengen nicht notwendig (Erdbau) oder ist eine Versorgung vor Ort nicht möglich, kann Wasser mittels Tanks auf die Baustellen transportiert werden.

Bei Großbaustellen kann zusätzlich eine Versorgung mit Löschwasser notwendig sein. Dieses wird meist bei Bedarf aus Oberflächengewässern entnommen. Ist dies nicht möglich, sollten getrennte Wasserbehälter für die Löschwasserversorgung vorgesehen werden.

### Wasserentsorgung

Bei der Brauchwasserentsorgung (Spülwässer, Waschwässer) sind vor der Einleitung in den Vorfluter Absetzbecken vorzuschalten um eine Verschmutzung der Gewässer zu vermeiden. Die einzuhaltenden Grenzwerte betreffend Feinkornanteil, Verschmutzung, usw. sowie zu treffenden Maßnahmen der Abwasserreinigung (Absetzbecken) werden durch behördliche Auflagen geregelt.

Fäkalwässer sind in der Regel sicher zu sammeln und ins Tal abzutransportieren wo diese fachgerecht entsorgt werden können. Der Einsatz von Trocken – WC´s ist hier zu empfehlen. Für Großbaustelle können auch kleinere Kläranlagen errichtet werden. Bei deren Berechnung ist vor allem auf die anzutreffenden Umweltbedingungen (Temperatur, Höhenlage) Rücksicht zu nehmen, um die einwandfreie Funktion dieser Anlagen gewährleisten zu können.

### **9.3 Stromversorgung**

Wie auch bei der Wasserversorgung ist die einfachste Möglichkeit der Stromversorgung die Zuleitung.

Ist eine Stromversorgung vor Ort bereits vorhanden, ist diese auf ihre Leistung hin zu prüfen. Im Gebirge können die Kosten für die Errichtung einer Stromzuleitung (Frei- oder Erdleitung) auf Grund der örtlichen Gegebenheiten (Gelände, Bodenbeschaffenheit, Bewaldung) und der langen Distanzen zum bestehenden Stromnetz erhebliche Kosten verursachen. Daher ist der Neubau von Stromzuleitungen auf Großbaustellen begrenzt. Ein Rückbau der Leitungen wird meist nicht durchgeführt, eher ist eine weitere Verwendung für das Bauwerk sinnvoll.

Kann der Strom der Baustelle nicht zugeleitet werden, oder ist eine Notstromversorgung notwendig, ist die Stromversorgung über Stromaggregate sicher zu stellen. Hierbei ist anzumerken, dass sich auf Grund der Höhenlage Leistungsverluste (Dieselmotor) einstellen können vgl Kapitel 5.2.

Eine Stromversorgung über Solarzellen ist für den Baustellenbetrieb nicht ausreichend. Eventuell kann die Versorgung von Messstationen (abhängig von der Nutzungsdauer, z.B. Überwachungseinrichtungen) mit Solarstrom angedacht werden.

### **9.4 Lagerflächen**

Je nach Größe der Baustelle sind unterschiedlich große Lagerflächen für die Baustelleneinrichtung bzw. für Baumaterialien notwendig. Kompressoren, Aggregate und Gebäude sind im Normalfall auf ebenen Flächen abzustellen. Kann dies nicht auf Grund der lokalen Verhältnisse gewährleistet werden, sind entweder gesicherte Hangabträge oder Podeste notwendig.



**Abbildung 21** Materialumschlag



**Abbildung 22** Lagerbereich Tafamunt (VIW)

Auf jeden Fall ist eine ausreichende Entwässerung der Baueinrichtungsflächen notwendig um ein Aufweichen des Untergrundes zu vermeiden. Bei Staunässe kann sich im Gebirge auf Grund der niedrigen Temperaturen rasch Glatteis bilden, durch welches der Bauablauf sowie die Sicherheit der AN stark eingeschränkt wird. Sofern Verkehr statt findet, ist auf eine ausreichende Befestigung der Baustraßen und Lagerflächen zu achten.

Bei Ganzjahresbaustellen kommt der Schneeräumung eine entscheidende Bedeutung im Winter oder bei Wintereinbrüchen zu. Eine fehlende Schneeräumung kann zu einem vollständigen Erliegen der Bauarbeiten führen. Idealerweise wird die Schneeräumung auf ganzjährigen Grossbaustellen mit den vor Ort vorhandenen Baugeräten (z.B. Radlader) durchgeführt. Bei der Planung sollten zusätzliche Flächen für die Schneelagerung oder andere Möglichkeiten der Beseitigung (gesicherter Abwurf) vorgesehen werden.

Zusätzlich können Teile der Lagerflächen mit Flugdächern überdacht werden um empfindliche Geräte und Baumaterialien vor Witterungseinflüssen zu schützen (Vereisung durch Regen, Schnee,...)

## 9.5 Krane

Beim Einsatz von Kranen im alpinen Gelände ist mit den Herstellerfirmen Kontakt aufzunehmen. Diese passen projektbezogen die technische Ausstattung des Kranes den jeweiligen Umweltbedingungen an. Neben den Antransport (LKW, Hubschrauber oder selbstfahrend) sowie der Traglast sind bei niedrigen Temperaturen (Winterbetrieb) folgende Punkte bei der Planung zu berücksichtigen:

- Art der verwendeten Schmier- und Gleitmittel

Diese richten sich, abhängig von den zu erwartenden Temperaturen, nach der vorhandenen Kerbschlagfähigkeit.

- Art der Enteisung  
Bei feuchter Luft kann es sehr schnell zu Vereisungen an den einzelnen Krankomponenten kommen. Neben der mechanischen Enteisung (z.B. durch wiederholte Laufkatzenfahrt) kann auch eine elektrische Heizung sowie das Abspritzen mit Enteisungsmitteln ein Eisansatz verhindert werden.
- Schutz der Drehverbindungen gegen Einfrieren  
Dieser kann über entsprechende Schmiermittel oder mittels Einhausungen (Wärmeschutz) der gesamten Verbindung ausgeführt werden.
- Einwirkende Kräfte  
Durch eine auftretende Vereisung kann das zusätzliche Gewicht eine Änderung der Momentenverteilung mit sich bringen. Ebenso steht eine größer Windangriffsfläche zu Verfügung, durch welche die Windlasten erhöht werden.

Werden mobile Krane eingesetzt, können, falls keine entsprechenden Zufahrtsmöglichkeiten oder Untergrundverhältnisse vorherrschen, Spezialkrane mit Raupenunterwagen eingesetzt werden. Diese kommen vor allem dann zum Einsatz wenn schnelle Standortwechsel und geringe Bodenpressung erforderlich sind.



**Abbildung 23 Kran – Wintereinsatz**



**Abbildung 24 Raupenkrane (Liebherr)**

Auf die speziellen Erfordernisse für Kabelkrane, wie sie vor allem beim Bau von Talsperren zum Einsatz kommen wird, nicht näher eingegangen.

## 9.6 Gebäude

„Containerdörfer“ bzw. große Lagergebäude sind in der Regel nur bei ganzjährigen Großbaustellen notwendig. Jedenfalls ist eine lawinensichere Positionierung unumgänglich, ebenso die lawinensichere Verbindung zwischen den einzelnen Gebäuden und Arbeitsstätten. Ist eine lawinensichere Anordnung aufgrund der Topographie nicht möglich, sind Ablenkbauwerke oder andere Sicherungsmaßnahmen zu treffen.

Gemäß Eurocode ÖNORM EN 1991-1-3 und dem dazugehörigen nationalen Anhang ÖNORM B 1991-1-3 sowie der ÖNORM B 4000 sind Gebäude je nach Art, Nutzung und Lage auf unterschiedliche Schnee- und Windlasten zu bemessen. Bei Lagergebäuden hat sich dabei eine bogenförmige Ausbildung des Daches als vorteilhaft erwiesen. Bei lawinengefährdeten Bauwerken wird meistens durch den ASV für Wildbach- und Lawinerverbauung auch die Bemessung auf Lawinendrucke vorgeschrieben.

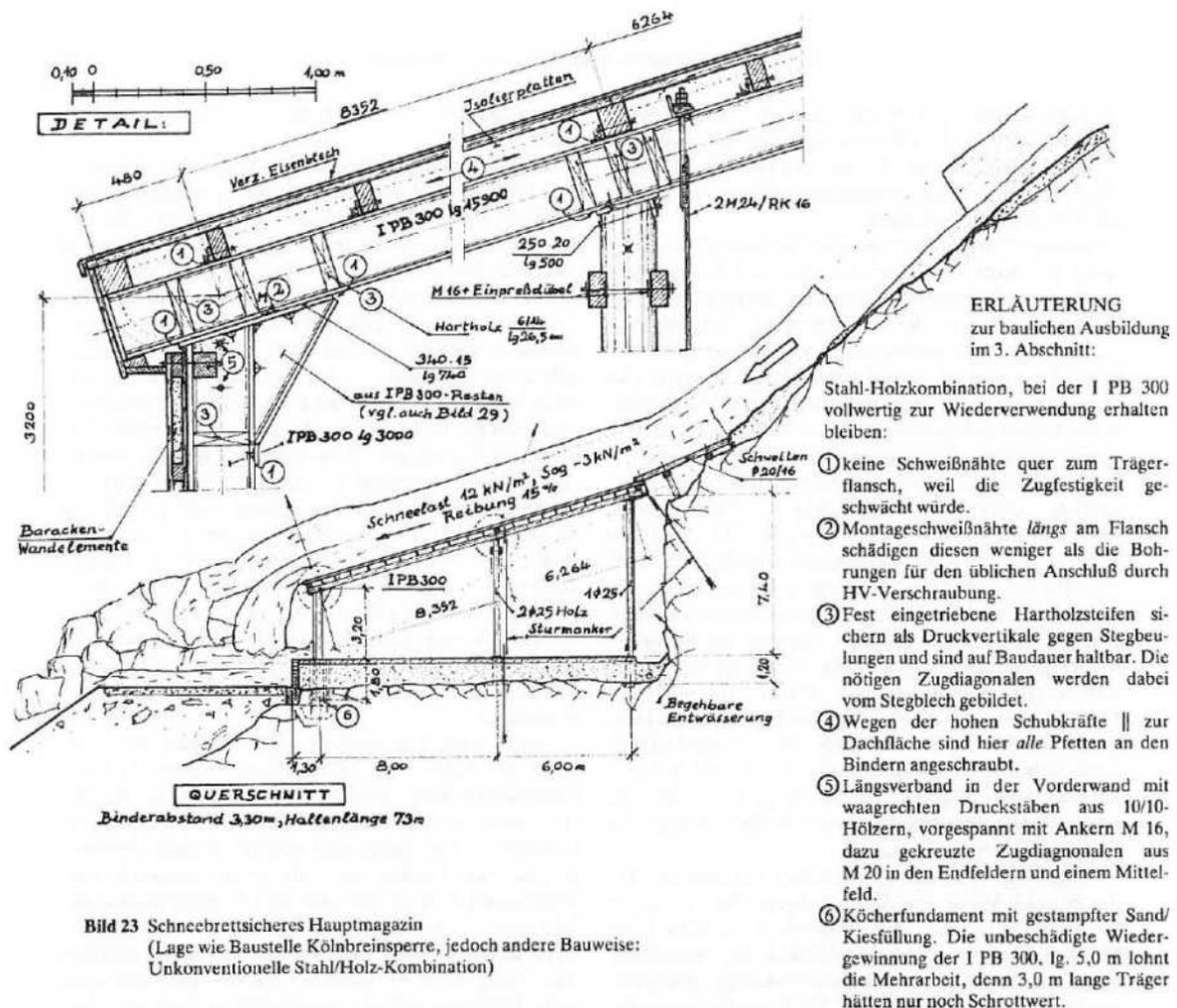


Abbildung 25 Schneebrettsichere Ausbildung eines Magazins (Toussaint)

Bei Baustellengebäuden ist neben der ausreichenden statischen Bemessung auch auf eine entsprechend wärmedämmende Ausführung großer Wert zu legen, um die Heizkosten möglichst gering halten zu können. Neben der Isolierung von Außenwänden und Dachflächen können auch entsprechende Eingangsbereiche (Vorraum, Windfang) erhebliche Kosteneinsparungen mit sich bringen. Bei der Wahl des Heizungssystems sind Anschaffungskosten, Transportkosten sowie Betriebskosten zu betrachten. Bei der Heizung mit Öl oder Feststoff spielen die Transportkosten der Brennstoffe zur Baustelle eine große Rolle. Bei Elektroheizungen stehen die Betriebskosten im Vordergrund.

Bei Ganzjahresbaustellen wird eine möglichst nahe Positionierung von Schlafstätten und Kantine sowie Hauptsammelplatz für die Baustellenversorgung anzustreben sein, um Personenwege zu reduzieren.

Dagegen ist eine möglichst nahe Positionierung des Baubüros an der Baustelle vorteilhaft.

Sind bestehende Gebäude oder Berghütten in der Nähe der Baustelle vorhanden, können Nutzungsmöglichkeiten dieser für Personalunterkünfte, Kantinen oder Büros mit den Eigentümern verhandelt werden. In diesen Fall entfallen die Herstellungskosten für die sonst notwendigen Gebäude. Bei der Nutzung von Berghütten kann auch die Verpflegung des Baustellenpersonals von den Wirten übernommen werden.

Bei der Planung von Baubüros und Personalunterkünften ist vor allem bei langjährigen Baustellen auf eine großzügiges Platzangebot (Abstellräume, Einzelzimmer mit Duscmöglichkeit, Aufenthaltsräume,...) und eine ansprechender Ausstattung Wert zu legen um die „Arbeitsmoral“ aufrecht zu erhalten.

## **9.7 Kommunikations- und Alarmierungseinrichtungen**

Aufgrund der rasanten Entwicklung im Mobilfunksektor verfügt heutzutage fast jedes Gebiet über eine flächendeckende Mobilfunknetzversorgung. Wird in der Planungsphase bereits eine Netzdeckung der zu versorgenden Bereiche festgestellt, wird man auch bei der internen Baustellenkommunikation auf die heutzutage üblichen „Handy´s“ zurückgreifen. Auch die Nutzung des Internets (E-mail, Intranet) ist damit gewährleistet. Bei den einzelnen Mobilfunkbetreiber können entsprechende Verträge zur Netznutzung und zur Beistellung von Endgeräte ausverhandelt werden. In Gebieten, in denen kein allgemeiner Netzempfang vorhanden ist, können Sendemasten (event. auch beigestellt durch Mobilfunkbetreiber) zur Kommunikationsübermittlung errichtet werden. Hierbei ist auf die Vermeidung von Funkschatten großen Wert zu legen.

Bei Untertagebaustellen kommen zusätzliche Kommunikationseinrichtungen (Tunneltelefon) zum Einsatz.

Bei Großbaustellen ist die Einrichtung einer Sirenenanlage zweckmäßig, um gegebenenfalls im Brandfall oder Katastrophenfall zu alarmieren. Bei Lawinengefährdung ist die Verwendung von Sirenen eher fraglich (mögliche Lawinenauslösung).

Eine Überwachung einzelner Baustellenbereiche ist über Installation von Webcams möglich, welche mit dem Intranet des Auftraggebers oder der Bauunternehmen verbunden ist. Auch ist es möglich die Bilder von Webcams ins Internet zu stellen um somit der Bevölkerung einen Zugang zu den Bauvorhaben zu ermöglichen.

## 10 Auswirkungen auf den Baubetrieb<sup>26</sup>

### 10.1 Zugänge und Zufahrten

Bei Baustellen im alpinen Gelände ist – vor allem wenn diese in noch nicht erschlossenen Gebieten liegen – vor Baubeginn die Errichtung von Zufahrtswegen oder Zugängen notwendig. Für den Baubetrieb bedeutet dies zusätzlich die Instandhaltung der Zufahrten sowie die Sicherung gegen Naturgefahren für die Dauer der Bautätigkeit. Hierzu können unter anderem Nachbesserungsarbeiten der Fahrbahnen, Felsberäumungen sowie die Absicherung gegen Steinschlag und Lawinen zählen. Bei der Baustellenzufahrt über Tunnels müssen diese ebenfalls in regelmäßigen Abständen auf Ihren Zustand hin geprüft werden. Bei der Querung lawinengefährdeter Abschnitte sind Schranken für eine temporäre Sperrung der Zufahrten, z.B. bei Lawinensprengungen oder akuter Lawinengefahr oder Lawinengalerien erforderlich.

Wird die Versorgung der Baustelle über eine bestehende und in Betrieb befindliche Seilbahn durchgeführt, müssen die Baustellentransporte in Abstimmung mit dem laufenden Betrieb durchgeführt werden. Dies kann auch zur Folge haben, dass die Baustellenversorgung erst nach Beendigung des öffentlichen Verkehrs am Abend oder vor Beginn des öffentlichen Verkehrs am Morgen stattfinden kann.



Abbildung 26 Zugangsweg - Seilsicherung

---

<sup>26</sup> siehe auch [19] Toussaint Erwin, 1984

Beim Zugang zu Arbeitsstellen ist ebenfalls erforderlich, dass diese abgesichert sind. Im steilen Gelände (Absturzgefahr) müssen entsprechende Geländer oder Seilsicherungen angebracht werden. Ebenso müssen steilere Wegabschnitte durch das Herstellen von Stufen abgeflacht werden, wobei diese entsprechend dem Arbeitsschutz ausgeführt werden müssen (Rutschgefahr, Steigungsverhältnis).

Bei Arbeiten in Felswänden werden diese an Seilen gesichert ausgeführt. Für die Einrichtung der einzelnen Arbeitsbereiche z.B. bei Ankerarbeiten müssen Arbeitsplattformen errichtet werden, welche mit Absturzsicherungen versehen sind.



**Abbildung 27 Arbeitsplatzsicherung Ankerarbeiten**



**Abbildung 28 Steigturm**

## 10.2 Lagerhaltung

Die Menge der benötigten Baumaterialien, welche auf der Baustelle vorgehalten werden müssen, ergeben sich aufgrund des im Bauzeitplan vorgegeben Baufortschritts. Zusätzlich sind für die vorgehaltenen Baumaterialmengen Lieferunterbrechungen auf Grund von Schlechtwetterphasen oder der Sperre von Zufahrtswegen (Lawinengefahr) zu berücksichtigen.

Bei Großbaustellen und schwer zugänglichen Baustellen sollten auch entsprechende Mengen an Ersatzteilen vorgehalten werden, um bei Gebrechen rasch reagieren zu können und lange Stehzeiten für den Antransport von Ersatzteilen zu vermeiden.

Bei beengten Platzverhältnissen muss die benötigte Lagerfläche in mehrere Teilflächen aufgeteilt werden. Bei Lagerflächen ist ein tragfähiger Untergrund jedenfalls notwendig. Weiters sollten diese - wenn möglich - nur geringe Neigungen aufweisen, um ein Abgleiten der gelagerten Materialien und das Abstürzen des Bedienungspersonals zu vermeiden. Bei Lagerflächen im geneigten Gelände sind entsprechende Sicherungsmaßnahmen zu treffen. Dies können z.B. talseits montierte Geländer oder Pfosten sein.

Bei Abstellplätzen für Geräte und für Werkstattbereiche können entsprechende Maßnahmen für den Schutz des Untergrundes (z.B. auslaufendes Öl, Treibstoff) vorgeschrieben werden. Grundsätzlich ist nach Beendigung der Bautätigkeit der Urzustand des Geländes (und Bewuchs) wieder herzustellen. Betonbefestigungen von Lager- und Abstellflächen müssen daher wieder entfernt und entsprechend entsorgt werden.

Bei dem Einsatz von Materialseilbahnen können meist größere Lagerflächen in unmittelbarer Nähe zur Talstation in Anspruch genommen werden. Bei Bedarf können dann die benötigten Materialien auf die Baustelle transportiert werden.

## 10.3 Betonversorgung

Die Art der Betonversorgung ist im wesentlichen abhängig von der Art der Baustelle. Ist eine Zufahrt zur Baustelle möglich, so wird der Beton meist mittels Mischwagen antransportiert (ausgenommen Großbaustellen). Ist keine Baustellenzufahrt möglich, so wird der Beton in Betonkübeln mittels Hubschrauber oder Materialseilbahn antransportiert.

Werden größere Mengen an Beton benötigt (Großbaustellen), so ist eine Betonherstellung vor Ort sinnvoll. Meist können die Zuschlagsstoffe vor Ort entnommen und entsprechend aufbereitet werden. Bei der Lagerung des Betonzuschlags ist darauf zu achten, dass dieser nicht gefriert (geringe Eigenfeuchte!). Wird dieser in großen Haufen gelagert, so reicht der Frost nicht tiefer als einen Meter. Eine Entnahme ist daher im Inneren des Haufens

anzuordnen. Wird der Zuschlag mit Radlader zum Mischer transportiert, ist gefrorenes Material zuvor zu entfernen.

Die Verarbeitung und der Transport des Zuschlagmaterials sollten in geschlossenen Räumen stattfinden, um die Eisbildung zu vermeiden. Bei der Betonmischung wird angewärmtes Anmachwasser verwendet (nicht wärmer als 60°C) um eine Frischbetontemperatur von mind. 15° bis 20°C zu gewährleisten. Eine Erwärmung der Zuschlagstoffe ist mit hohem energetischem Aufwand verbunden. Das Beheizen von Mischturmsilos sollte über das direkte Einblasen von Heißluft in den Zuschlagstoff bzw. die Bindemittel erfolgen.

Bei den Betonierarbeiten ist die Betonoberfläche bis zur vollständigen Aushärtung vor Auffrieren zu schützen.

#### **10.4 Schlechtwetter / Naturereignisse**

Bei Baustellen im alpinen Gelände ist, neben dem vermehrten Auftreten von Schlechtwetterereignissen auch mit Gefährdungen auf Grund von Steinschlag, Lawinen oder Muren zu rechnen. Dies sollte schon bei der Erstellung des Ablaufplanes durch die Einplanung von Stillstandszeiten berücksichtigt werden.

Während des Bauablaufes ist es notwendig, rechtzeitig über kommende Schlechtwettereinbrüche oder mögliche Naturgefahren informiert zu sein, um darauf zu reagieren zu können. Der Bauleiter sollte täglich die aktuelle Wetterlage bei den zuständigen Wetterdiensten erfragen. Bei Winterbaustellen sind ebenso die aktuellen Lawinengefährdungen abzurufen. Im Ernstfall muss eine rasche Räumung der Baustelle möglich sein.



**Abbildung 29 Sommerlicher Schneefall**

Bei Großbaustellen sollten Notfall- und Einsatzpläne für die Räumung der Baustelle sowie Alarmierungsketten ausgearbeitet werden. Rettungsmittel wie z.B. Lawinenschaufeln sollten auf der Baustelle vorhanden sein. Wichtig ist auch, mit den vor Ort beschäftigten Arbeitnehmer in regelmäßigen Abständen Übungen durchzuführen, um im Ernstfall entsprechend eingreifen zu können.

Bei Arbeiten in gefährdeten Bereichen ist das Personal auf die Gefahren (z.B. Steinschlag) hinzuweisen, entsprechende Arbeitsausrüstung bereitzustellen und im Fall Sicherheitsposten zur rechtzeitigen Gefahrenerkennung abzustellen.

Bauliche Schutzvorkehrungen wie Ablenkdamme, Vernetzungen u. ä. sind in Abhängigkeit der Dauer der Baustelle und dem Gefährdungspotential anzuordnen. Bei möglicher Lawinengefährdung können temporäre Maßnahmen zur Sicherung der betroffenen Bereiche durchgeführt werden (Lawinensprengung, Sperre).

## **10.5 Winterbetrieb**

Bei ganzjährig betriebenen Baustellen sind zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung der Baustelle und der Zufahrten gegen Lawinen sowie bei der Betonherstellung (siehe oben) zu treffen.

Um den Baustellenbetrieb aufrecht halten zu können, ist eine Schneeräumung der Fahrwege und Lagerplätze notwendig. Befahrbare Flächen sollten zusätzlich gestreut werden, um die Sicherheit zu erhöhen (vgl. Kapitel 9.4).

Bei starken Schneefällen muss der Schnee vor der Inbetriebnahme der Baugeräte von diesen entfernt (abgekehrt) werden, sofern die Geräte nicht unter Dach abgestellt werden können. Falls nötig müssen auch einzelne Flächen enteist werden.

Bei niedrigen Temperaturen sind spezielle Schmiermittel und Treibstoffzusätze (bzw. Winterdiesel) einzusetzen, um Schäden am Gerät zu vermeiden. Ebenso ist auf die richtige Wahl des Hydrauliköl's zu achten, damit es nicht zum Einfrieren der Leitungen kommt.

All diese Maßnahmen verursachen einen Mehraufwand, der bei der Kostenkalkulation sowie bei der Bauzeit berücksichtigt werden muss. Ein weiterer Kostenfaktor sind die anfallenden Heizkosten für Personalquartiere und Kantine, Baubüro sowie Werkstätten.

## **10.6 Geräteleistung und Sonderaufwendungen**

Zur Sicherstellung der Geräteleistung sollten schon bei der Kalkulation und Arbeitsvorbereitung diverse Leistungsminderungen auf Grund der Höhenlage (vgl. Kapitel 5) oder örtlichen Gegebenheiten (z.B. Gelände, Bodenverhältnisse) eingerechnet werden. Während des Baustellenbetriebes sind die getroffenen Leistungsansätze zu kontrollieren.

Bei auftretenden Verzögerungen sind unverzüglich Maßnahmen zur Leistungssteigerung zu setzen. Diese werden durch zusätzliches Gerät durchgeführt werden müssen, da die Baudauer im Allgemeinen auf Grund der möglichen Bauzeiten im Gebirge mit den Sommermonaten begrenzt ist, die Leistungsfähigkeit der Arbeitnehmer beschränkt ist (Überstunden) und bei knapper Gerätebemessung (keine Leistungsreserven) kaum Leistungssteigerungen möglich sind.



**Abbildung 30 Baggerarbeiten im unwegsamem Gelände**

Defekte Geräte oder Leistungsminderungen aufgrund schlechter Wartung können sich bei Baustellen im alpinen Gelände schnell ungünstig auswirken, da sich in der Regel die Anlieferung von Ersatzgeräten oder –teilen wesentlich schwieriger gestaltet als üblich (lange Anfahrtswege, Spezial- oder Seilbahntransport,...). Eine Vorhaltung von Ersatzgeräten ist (aus Kostengründen – Wettbewerbsnachteil) meist nur bei Großbaustellen vorgesehen. Bei der Geräteinstandhaltung werden von den Geräteführern oft kürzere Wartungsintervalle durchgeführt.

### **10.7 Arbeitsleistung des AN**

Um die (möglichen) durch die Höhenlage auftretenden Leistungsminderungen (vgl. Kapitel 6.5) gering zu halten, ist es erforderlich, nur geeignetes Personal für die Baustellen abzustellen. Meist werden eingespielte Parteien, bevorzugt auch ortsansässige Arbeitnehmer für Arbeiten in alpinen Gelände herangezogen. Diese sind mit den auszuführenden Arbeiten vertraut, können sich auf das umgebende Gelände besser einstellen und alpine Gefahren (Lawinen, Steinschlag, Schlechtwettereinbruch) rascher erkennen.

Bei der laufenden Arbeitsplanung sollte der mögliche Arbeitsfortschritt, im speziellen in Hinblick auf Gefährdungen und Wetterlage, mit dem Arbeitnehmer abgesprochen und auch berücksichtigt werden.

Bei der Auswahl der Arbeitsausrüstung sowie bei der Arbeitsbekleidung ist darauf zu achten, dass diese dem Einsatzbereich angepasst ist. Speziell bei Sicherungsarbeiten sollten den Arbeitnehmer Funktionsbekleidung mit großer Bewegungsfreiheit z.B. elastisches Material und Softshellmaterialien zu Verfügung gestellt werden. Bei Arbeiten in Gletschernähe ist großen Wert auf den Sonnenschutz (Bekleidung, Sonnencreme) und Blendschutz (Sonnenbrille) zu legen. Sicherungsausrüstungen wie z.B. Auffanggurte oder Schutzhelme sollten vom Arbeitnehmer selbst auszuwählen sein (Handhabung, Passgenauigkeit,...), eine Kontrolle in Hinblick auf die Zulassung obliegt den Arbeitgeber.

Je besser die Arbeitsausrüstung der Arbeit angepasst ist, desto geringer sind die auftretenden Leistungsminderungen.



**Abbildung 31 Felssicherungsarbeiten**

Da aufgrund des kollektivvertraglichen Höhenzuschlages zusätzliche Aufschläge bis 22 % auf den Stundenlohn anfallen, ist in Hinsicht auf die Preisgestaltung darauf zu achten, dass die Leistungsansätze möglichst hoch gehalten werden können (z.B. alpin erfahrene Fachkräfte). Je nach Erfahrung und körperlicher Leistungsfähigkeit der Arbeitnehmer können die Leistungsansätze um fünf bis fünfzehn Prozent erhöht werden. Eine genaue Einschätzung obliegt dem erfahrenen Kalkulanten.

## 11 Fragebogen

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein allgemein formulierter Fragebogen zum Thema „Bauen im alpinen Gelände“ verfasst. Dieser wurde an verschiedene Bauunternehmen versandt. Hauptsächlich betreffen die ausgewerteten Fragebögen Baustellen im Raum Tirol und Vorarlberg.

In die Auswertung eingeflossen sind 23 Fragebögen über Baustellen für die Errichtung von

- Bergrestaurants und exponierten Berghütten
- Stationen von Seilbahnanlagen
- Stützen von Seilbahnanlagen
- Speicherteiche für Beschneiungsanlagen
- Betonbauwerke für Beschneiungsanlagen
- Schitunnel
- Straßentunnel
- Galeriebauten
- Felssicherungen (Ankerarbeiten)
- Kraftwerksanlagen

Diese Baustellen sind in sechs Untergruppen zusammengefasst worden.

- Erdarbeiten
- Sicherungen / Spezialtiefbau
- Betonarbeiten
- Untertagearbeiten
- Seilbahnanlagen
- Kraftwerksanlagen

Ziel war es, einen Überblick über den Bauablauf und Baubetrieb von Baustellen in Höhenlagen zu gewinnen und Baustellen des gleichen Typs dahingehend zu vergleichen, ob bei der Leistungsfähigkeit von Mensch und Maschine eine Höhenabhängigkeit gegeben ist und welche umgebungsspezifischen Einflussfaktoren für die Planung, die Kalkulation und den Betrieb von maßgeblicher Bedeutung sind.

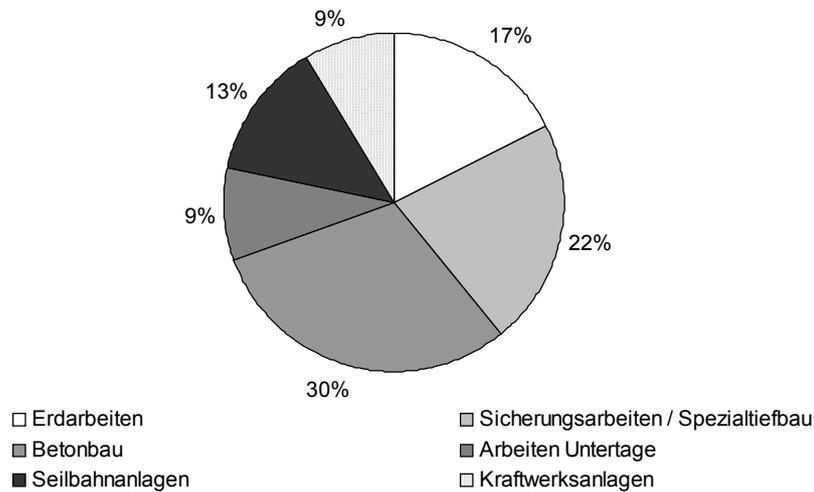
Der vollständige Fragebogen ist im Anhang einzusehen, und gliedert sich in folgende vier Abschnitte:

## 11.1 Allgemeine Angaben

		GESAMT	Erdarbeiten	Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten	Arbeiten Untertage	Seilbahn- anlagen	Kraftwerks- anlagen
<b>Angaben zum Bauprojekt</b>								
Art der Baustelle	Erdarbeiten	-23-	4					
	Sicherungsarbeiten/ Spezialtiefbau			5				
	Betonbau					7		
	Arbeiten Untertage						2	
	Seilbahnanlagen							3
	Kraftwerksanlagen						2	
Anzahl der Beschäftigten	1-5	4	0	3	1	0	0	0
	5-10	2	0	2	0	0	0	0
	>10	17	4	0	6	2	3	2
Baustelleneinrichtung	Container	19	4	4	5	2	3	1
	Baracken	2	0	0	0	0	0	2
	Werkstätte	5	0	1	0	0	2	2
	Personalunterkünfte / Kantine	6	0	0	3	0	1	2
	Lagerflächen	13	2	5	2	0	2	2
Lage der Baustelle	1750 - 2500 m ü.A.	14	2	2	6	1	1	2
	2500 - 3000 m ü.A.	6	2	2	0	0	2	0
	>3000 m ü.A.	4	0	1	1	1	1	0
	Talgrund, Kar, Terrasse	4	0	0	3	0	0	1
	Hanglage Exponiert (Grat, Gipfel)	5	1	2	0	1	1	0
	(Grat, Gipfel)	4	1	1	0	0	2	0
Überwiegende Erreichbarkeit der Baustelle	Straße / Fahrweg	17	4	1	5	2	3	2
	Seilbahn	10	0	2	4	0	2	2
	Hubschrauber	5	0	1	2	0	2	0
	Fußweg	5	0	2	1	0	2	0
	Pistenraupe	5	0	2	0	1	1	1

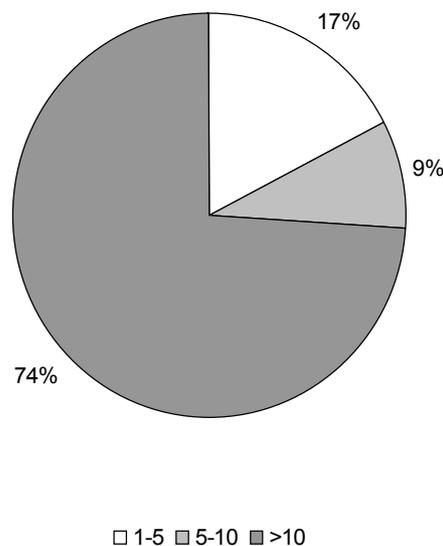
Tabelle 4 Fragebogen - Angaben zu Bauprojekt

Die größte Untergruppe bildeten die Betonarbeiten mit sieben Baustellen. Weiters wurden fünf Baustellen für Felssicherung und Spezialtiefbau, vier Erdbaubaustellen, drei Seilbahnanlagen und je zwei Baustellen für Untertagearbeiten und Kraftwerksanlagen betrachtet.



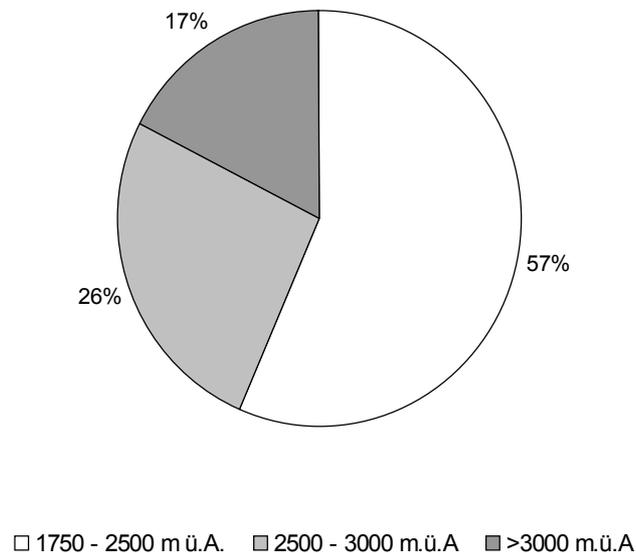
**Diagramm 1 Art der untersuchten Baustelle (Untergruppen)**

Bei den Sicherungsarbeiten / Spezialtiefbau sowie bei einem Betonbau (Umbau einer Berghütte, extrem exponierte Lage) waren jeweils eine bis zwei Arbeitspartien im Einsatz (max. 10 Arbeitnehmer). Bei den übrigen Baustellen war die Anzahl der Beschäftigten größer als zehn. Bei den zwei ausgewerteten Großbaustellen (Kraftwerksanlagen) lag die Anzahl der Beschäftigten deutlich über 10.



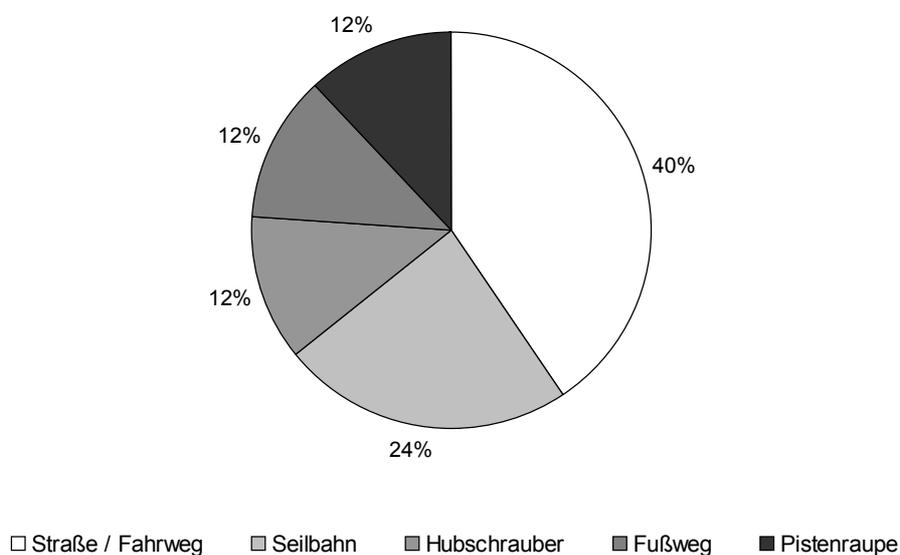
**Diagramm 2 Anzahl der Beschäftigten**

Knapp die Hälfte der berücksichtigten Baustellen lagen oberhalb von 2.500 m ü.A.. Vor allem die angegebenen Betonarbeiten wurden - bis auf eine Ausnahme - im Bereich von 1.750 m ü.A. bis 2.500 m ü.A. durchgeführt. Bis auf die Erdbauarbeiten und Kraftwerksanlagen ist je Untergruppe eine Baustelle in Höhen > 3.000 m ü.A. berücksichtigt.



**Diagramm 3 Höhenlage der Baustellen**

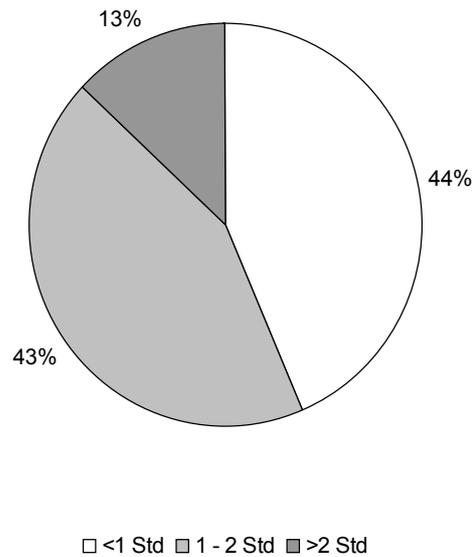
Von den 23 verglichenen Baustellen konnten sechs nicht mit Fahrzeugen erreicht werden. Eine davon konnte nur zu Fuß (Felssicherungsarbeiten) erreicht werden. Die übrigen fünf konnten zusätzlich per Seilbahn, Hubschrauber oder Pistenraupe versorgt werden.



**Diagramm 4 Erreichbarkeit der Baustellen**

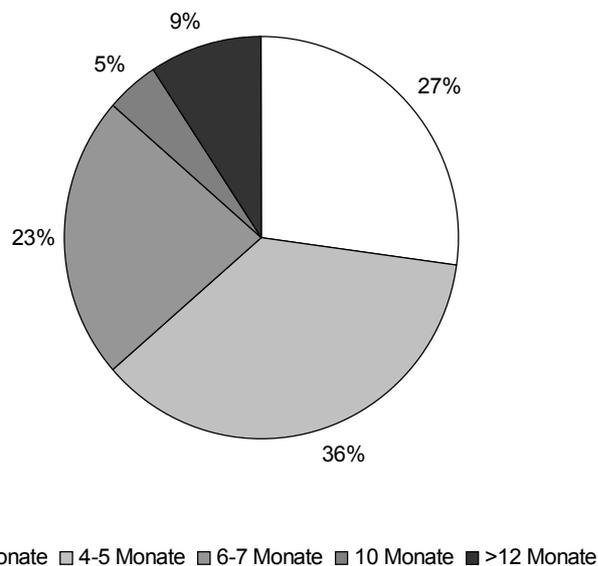
		GESAMT	Erarbeiten Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten Arbeiten Unterlage	Seilbahn- anlagen	Kraftwerks- anlagen		
Überwiegende Erreichbarkeit der Baustelle	Strasse / Fahrweg	17	4	1	5	2	3	2
	Seilbahn	10	0	2	4	0	2	2
	Hubschrauber	5	0	1	2	0	2	0
	Fussweg	5	0	2	1	0	2	0
	Pistenraupe	5	0	2	0	1	1	1
Wie erfolgte die Anreise auf die Baustelle	täglich	17	3	5	5	2	2	0
	wöchentlich	6	1	0	2	0	1	2
	monatlich	0	0	0	0	0	0	0
Wie lange dauerte die Anreise	<1 Std	10	1	4	2	2	1	0
	1 - 2 Std	10	2	1	4	0	2	1
	>2 Std	3	1	0	0	0	1	1
Betrieb der Baustelle	ganzjährig	0	0	0	0	0	0	2
	saisonal	21	4	5	7	2	3	0
	Durchschnittliche Anz. der Monate	5	5	2	5	6	6	0
Art des Arbeitseinsatzes	Schichtbetrieb	6	0	0	2	2	0	2
	Wochenbetrieb	16	3	5	5	0	3	0
	Dekadenbetrieb	3	1	0	0	2	0	0
Auftragsvolumen	<50.000 €	2	0	2	0	0	0	0
	50.000 bis 250.000 €	4	0	2	2	0	0	0
	250.000 bis 1 Mio €	2	0	1	0	1	0	0
	> 1 Mio €	14	3	0	5	1	3	2

Tabelle 5 Fragebogen - Angaben zu Bauprojekt



**Diagramm 5 Dauer der Anreise zur Baustelle**

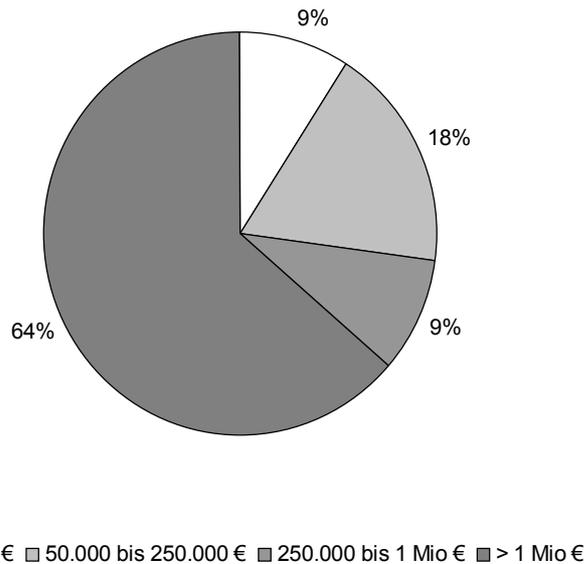
Bei den angegebenen Anreisezeiten von mehr als zwei Stunden war zu beachten, dass das Personal wöchentlich anreiste und vor Ort untergebracht war. Auch bei Anreisezeiten von einer bis zwei Stunden waren bei einem Drittel der Baustellen die Personalquartiere vor Ort.



**Diagramm 6 Baudauer der Baustellen**

Die Baudauer hängt wesentlich von der Art der Baustelle ab. Großbaustellen (Kraftwerksanlagen) werden ganzjährig und über mehrere Jahre betrieben. Erdbaustellen (Dammbau für Beschneigungsanlagen) müssen auf Grund der Witterungsverhältnisse und der

Inbetriebnahme, die meist für die folgende Wintersaison geplant ist, in fünf Monaten (Mai/Juni bis September/Okttober) fertig gestellt werden, oder die Bauarbeiten werden über mehrere Sommer ausgeführt. Bei den Seilbahnanlagen ergeben sich je nach Umfang des Projektes Baudauern von vier bis sieben Monaten. Sicherungsarbeiten müssen im Allgemeinen rasch durchgeführt werden. Die durchschnittliche Dauer der untersuchten Sicherungsarbeiten liegt bei zwei Monaten.



**Diagramm 7 Auftragsvolumen der Baustellen**

Rund zwei Drittel der verglichenen Baustellen hatten einen Auftragswert über 1 Million Euro. Geringere Auftragssummen gab es bei Sicherungsarbeiten, bei zwei Betonbaubaustellen (Sanierungsarbeiten) und einer Untertagebaustelle.

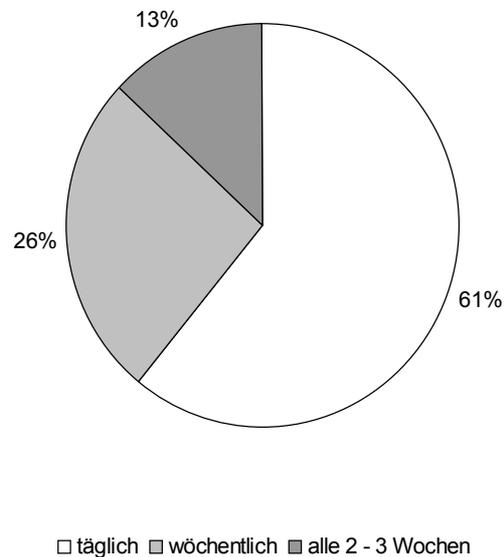
## 11.2 Versorgung der Baustelle

		GESAMT	Erdarbeiten	Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten	Arbeiten Untertage	Seilbahn- anlagen	Kraftwerks- anlagen
<b>Versorgung der Baustelle</b>								
Wie oft wurde die Baustelle mit Baumaterial und Verpflegung versorgt	täglich	14	2	0	5	2	3	2
	wöchentlich	6	2	3	1	0	0	0
	alle 2 - 3 Wochen	3	0	2	1	0	0	0
Wie oft wurde die Baustelle mit Treibstoff versorgt	täglich	3	0	0	3	0	0	0
	wöchentlich	13	3	3	2	2	3	0
	alle 2 - 3 Wochen	4	0	0	2	0	0	2
Wie lange konnte die Baustelle ohne Versorgung von außen betrieben werden	1 - 2 Tage	7	1	0	4	1	1	0
	1 Woche	9	3	1	2	1	2	0
	1 - 2 Wochen	5	0	3	1	0	0	1
	3 - 4 Wochen	1	0	1	0	0	0	0
	> 1 Monat	1	0	0	0	0	0	1
Wurden Geräte und Ersatzteile vorgehalten	ja	13	2	3	4	2	0	2
	nein	10	2	2	3	0	3	0
Wenn ja - Wie hoch waren die Vorhaltekosten im Vergleich zu den Baustellengemeinkosten	1-5%	4	0	2	1	1	0	0
	5-15%	5	1	0	3	0	0	1
	>15%	3	1	1	0	1	0	0
Wie gross waren die zur Verfügung stehenden (einzelnen) Lagerflächen	<20m <sup>2</sup>	3	1	2	0	0	0	0
	20 - 100 m <sup>2</sup>	5	0	2	3	0	0	0
	>100m <sup>2</sup>	14	3	1	3	2	3	2
Bau und Betrieb der Baustrasse, des Verbindungsweges, der Versorgungseilbahn als Teil des Auftrages	ja	8	3	0	2	1	0	2
	kein Auftrag	14	1	4	5	1	3	0
Wenn ja - Art der Vergütung	gesondert	2	0	0	2	0	0	0
	Teil der Baustelleneinrichtung	5	2	0	1	1	0	1
	in Einheitspreisen	2	1	0	0	0	0	1
Wenn abschätzbar - Wie hoch waren diese Kosten im Vergleich zu den Baustellengemeinkosten	1-5%	4	3	0	1	0	0	0
	5-15%	1	0	0	0	0	0	1
	>15%	2	0	0	1	1	0	0

**Tabelle 6 Fragebogen – Versorgung der Baustelle**

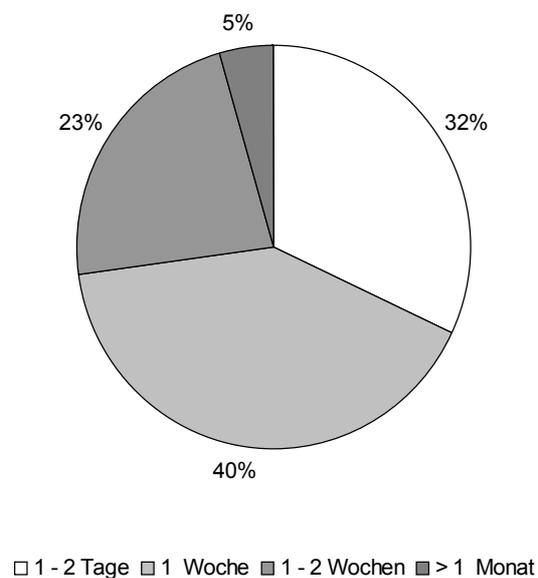
Die Versorgung der Baustellen für Seilbahnanlagen, Kraftwerksanlagen, Arbeiten Untertage sowie für die meisten Betonarbeiten wurde täglich durchgeführt. Baustellen für Felssicherungen und Spezialtiefbau wurden wöchentlich oder in Abständen von zwei bis drei

Wochen versorgt. Bei den Erdarbeiten wurden die Baustellen unter 2.500 m ü.A. täglich, die Baustellen über 2.500 m ü.A. wöchentlich mit Baumaterial versorgt.

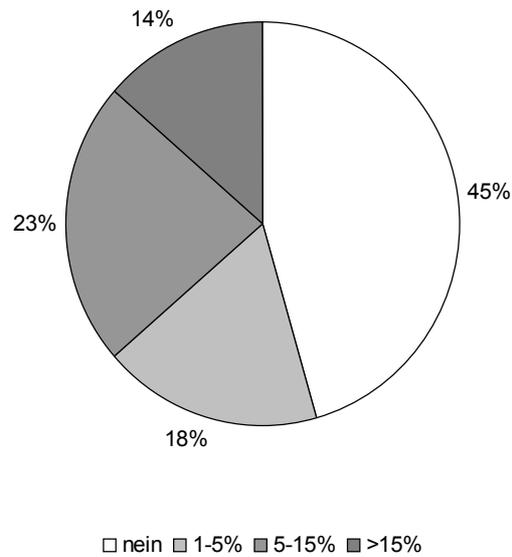


**Diagramm 8 Häufigkeit der Baustellenversorgung mit Baumaterial**

Bei der erfragten Dauer, über welchen Zeitraum die Baustelle ohne Versorgung von Material betrieben werden konnte, konnten keine Trends festgestellt werden. Die Versorgung mit Treibstoff wurde in größeren Abständen durchgeführt (Lagerung vor Ort in Tanks oder Tankwagen).

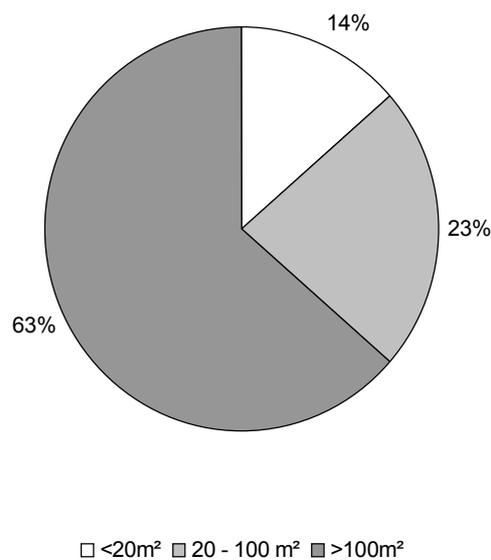


**Diagramm 9 Baustellenbetrieb ohne Versorgung**



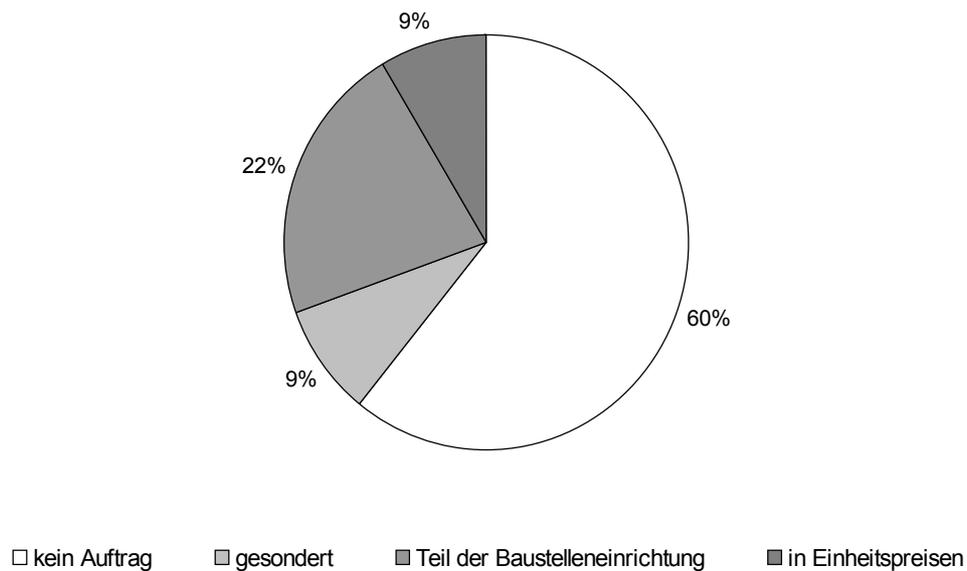
**Diagramm 10 Vorhaltekosten im Verhältnis zu den BstGK**

Es ist auffallend, dass die Hälfte der Baustellen keine Geräte und Ersatzteile vorhielten. Dies ist nach Rückfrage bei den betroffenen Bauunternehmen vor allem auf preiskalkulatorische Gründe zurückzuführen. In jenen Fällen mit Geräte- und Ersatzteilverhaltung lagen die Aufwendungen dafür bei 1–15 % der Baustellengemeinkosten. Höhere Kosten ergaben sich bei der Gerätevorhaltung für eine Untertagebaustelle, für Sicherungsarbeiten im schwer zugänglichen Gelände sowie für einen Erdbau.



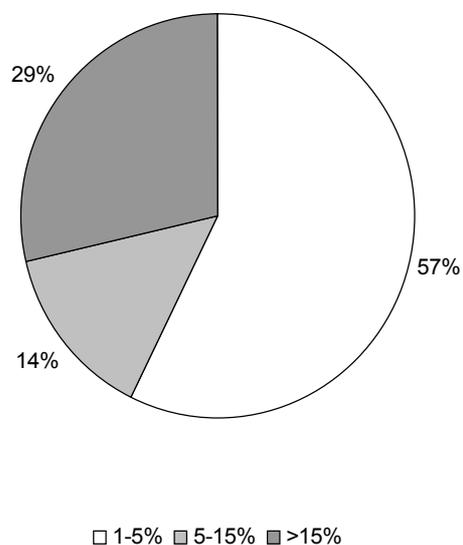
**Diagramm 11 Größe der einzelnen Lagerflächen**

Lagerflächen unter 20 m<sup>2</sup> sind vor allem bei Sicherungsmaßnahmen aufgetreten. Dies ist meistens auf die Lage dieser Baustellen zurückzuführen (steile Felswände, schwer zugängliches Gelände). Allerdings sind für Baustellen dieser Art große Lagerflächen nicht unbedingt nötig (oft nur Aufstellplatz für Kompressoren, Betonpumpe oder Spritzbetonanlage).



**Diagramm 12 Errichtung und Vergütung der Versorgungswege**

Bei 40 % der betrachteten Baustellen war der Bau der Versorgungswege Teil des Auftrages. Vor allem bei Großbaustellen, bei Erdbaubaustellen sowie bei einem Drittel der Betonarbeiten mussten Versorgungswege errichtet werden.



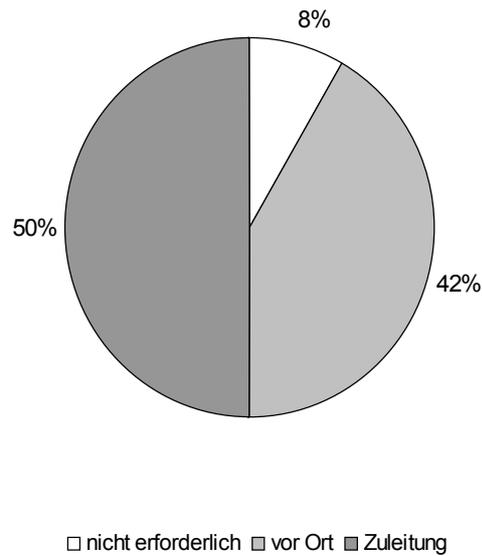
**Diagramm 13 Kosten der Versorgungswege (anteil. BstGK)**

Über die Kosten der Errichtung der Versorgungswege können keine allgemeinen Aussagen getroffen werden. Bei den Erdbauarbeiten wurden die Kosten mit ein bis fünf Prozent der Baustellengemeinkosten angegeben. Höhere Werte ergaben sich bei der Herstellung der Versorgungswege für eine Großbaustelle sowie bei Gletschertransporten über 3.000 m ü.A..

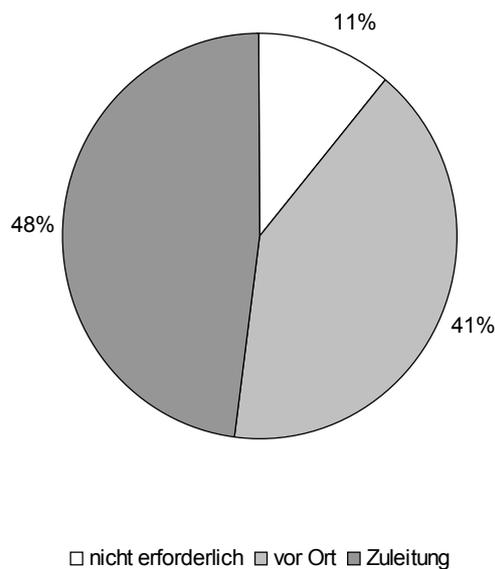
		GESAMT	Erdbauarbeiten	Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten	Arbeiten Untertage	Seilbahnanlagen	Kraftwerksanlagen
<b>Stromversorgung</b>								
War eine Stromversorgung erforderlich	ja	23	2	5	7	2	3	2
	nicht erforderlich	2	2	0	0	0	0	0
Wie wurde die Stromversorgung gewährleistet	vor Ort	10	1	5	3	0	1	0
	Zuleitung	12	1	0	5	2	2	2
War eine Notstromversorgung vorhanden	nein	10	0	3	4	2	0	1
	ja	11	2	2	3	0	3	1
Wenn ja - wie lange konnte damit die Baustelle betrieben werden	1-5 Std	0	0	0	0	0	0	0
	1-2 AT	6	1	0	1	0	3	1
	>2 AT	5	1	2	2	0	0	0
<b>Wasserver- und -entsorgung</b>								
War eine Wasserversorgung erforderlich	ja	20	1	5	7	2	3	2
	nicht erforderlich	3	3	0	0	0	0	0
Wie wurde die Wasserversorgung gewährleistet	vor Ort	11	2	4	4	0	0	1
	Zuleitung	13	0	1	5	2	3	2
Wenn ja	Trinkwasser	7	1	0	3	0	1	2
	Brauchwasser	18	1	5	5	2	3	2
	Löschwasser	3	0	0	1	0	1	1
Abwasserbeseitigung	Ableitung ins Tal	7	0	1	3	1	1	1
	Reinigungsanlage vor Ort	7	2	1	2	0	1	1
Einsatz von Trocken - WC	ja	17	4	3	4	2	2	2
	nein	5	0	2	2	0	1	0

**Tabelle 7 Fragebogen – Stromversorgung / Wasserver- und -entsorgung**

Nur knapp 10 % der Baustellen (Erdbau) konnten ohne Stromversorgung auskommen. Unabhängig von der Art der Versorgung war die Hälfte der Baustellen zusätzlich mit einer Notstromversorgung ausgerüstet. Durchschnittlich konnte die Notstromversorgung den Betrieb der Baustelle zwei Arbeitstage aufrecht erhalten.

**Diagramm 14 Stromversorgung**

Wie auch bei der Stromversorgung konnten knapp 10 % der Baustellen (Erdbau) ohne Wasserversorgung auskommen. Bei der Wasserversorgung vor Ort ist anzumerken, dass zum Teil ein Wasseranschluss bereits vorhanden war (Umbauten, erschlossenes Gebiet). Ähnliches gilt auch für die Wasserentsorgung. In Einzelfällen war nur eine Versorgung mit Trinkwasser notwendig.

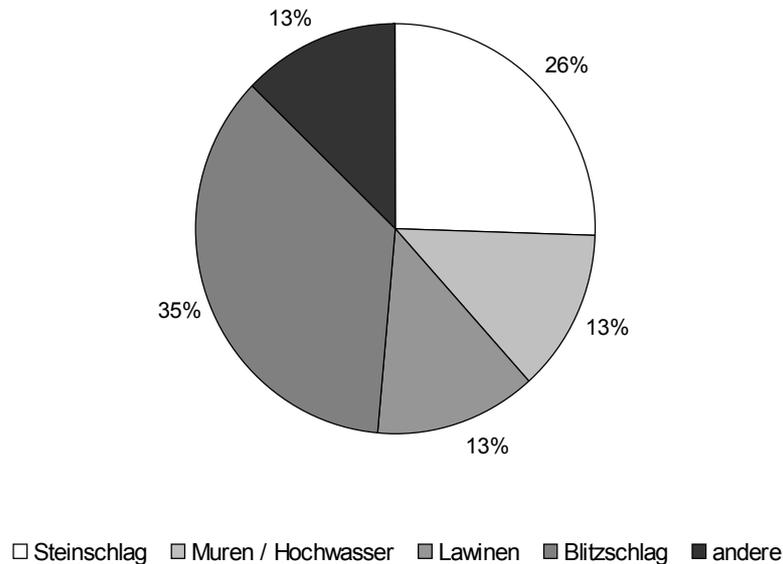
**Diagramm 15 Wasserversorgung**

## 11.3 Umwelteinflüsse und Sicherheitsvorkehrungen

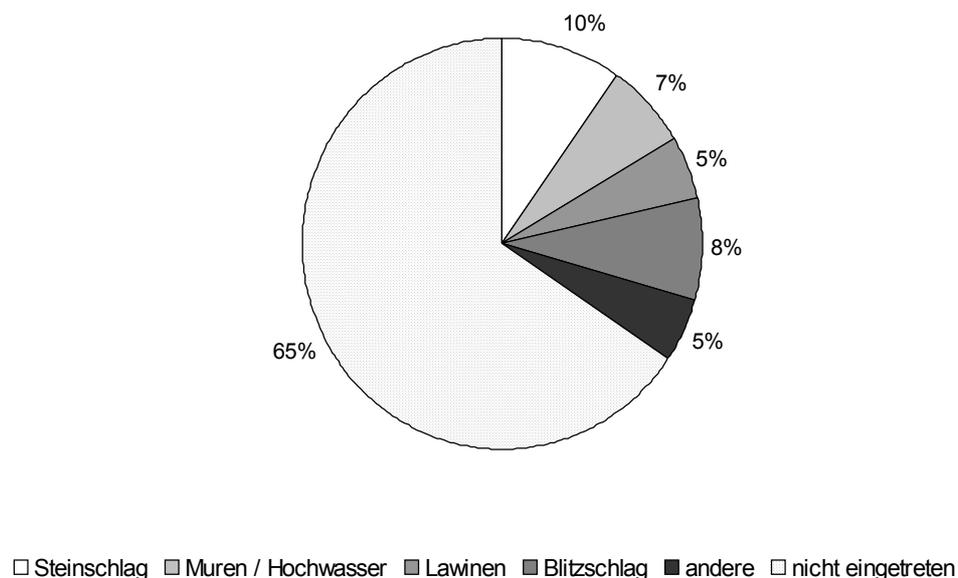
		GESAMT	Erdarbeiten	Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten	Arbeiten Unterlage	Seilbahn- anlagen	Kraftwerks- anlagen
<b>Angaben zu Umwelteinflüssen</b>								
Welchen Naturgefahren war die Baustelle ausgesetzt	Steinschlag	10	1	4	1	1	1	2
	Muren / Hochwasser	5	0	1	1	1	0	2
	Lawinen	5	1	1	0	1	0	2
	Blitzschlag	14	3	1	6	0	2	2
	andere	5	3	0	1	0	1	0
Welche Ereignisse traten ein	Steinschlag	6	0	2	1	1	0	2
	Muren / Hochwasser	4	0	0	1	1	0	2
	Lawinen	3	0	0	0	1	0	2
	Blitzschlag	5	1	0	3	0	0	1
	andere	3	3	0	0	0	0	0
	nicht eingetreten	18	4	5	4	0	4	1
Kam es zu wetterbedingten Unterbrechungen (Niederschlag, Wind, Nebel, Lufttemperatur)	ja	22	4	4	7	2	3	2
	nein	1	0	1	0	0	0	0
Wenn ja - anteilig zur Baudauer	< 10%	17	1	3	6	2	3	2
	10% - 20%	4	2	1	1	0	0	0
	>20%	1	1	0	0	0	0	0
	k.A.	11	0	1	0	0	0	0
Kam es zu umweltbedingten Unterbrechungen (Lawinenwamung, Wintereinbruch, Muren,...)	ja	10	2	1	4	1	0	2
	nein	10	1	2	3	1	3	0
		9	0	0	0	0	0	0
Wenn ja - anteilig zur Baudauer	< 10%	9	1	1	3	2	0	2
	10% - 20%	2	1	0	1	0	0	0
	>20%	0	0	0	0	0	0	0
	k.A.	0	0	0	0	0	0	0
Wurden diese Unterbrechungen in der Ausschreibung berücksichtigt	nein	9	1	2	3	0	3	0
	ja, in den Vorbemerkungen	10	3	2	2	2	0	1
	ja, in getrennten Positionen	1	0	0	0	0	0	1
	k.A.	3	0	1	2	0	0	0
Welchen Kostenanteil machten diese Stilliegezeiten an den Gesamtkosten aus	1-5%	15	2	2	6	1	2	2
	5-15%	3	0	1	1	1	0	0
	>15%	2	2	0	0	0	0	0
	k.A.	3	0	2	0	0	1	0

Tabelle 8 Fragebogen – Umwelteinflüsse

Die Gefährdung durch Naturgefahren ist stark abhängig von der Art der Baustellen und der damit verbundenen Situierung im Gelände. So ist die Gefährdung durch Steinschlag bei der Errichtung von Seilbahnanlagen sowie bei Felssicherungsarbeiten am größten. Die Lawinengefahr betrifft vor allem ganzjährig betriebene Baustellen, sowie Baustellen in höheren Lagen und in Hanglagen (Beeinflussung durch Schneefälle im Sommer).



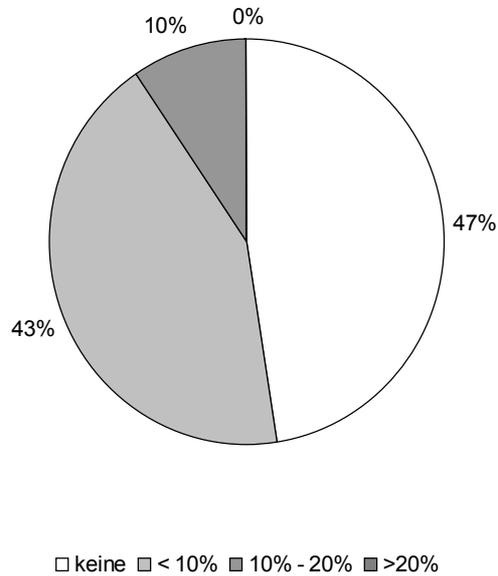
**Diagramm 16 Gefährdung durch Naturgefahren**



**Diagramm 17 Eingetretene Naturgefahren**

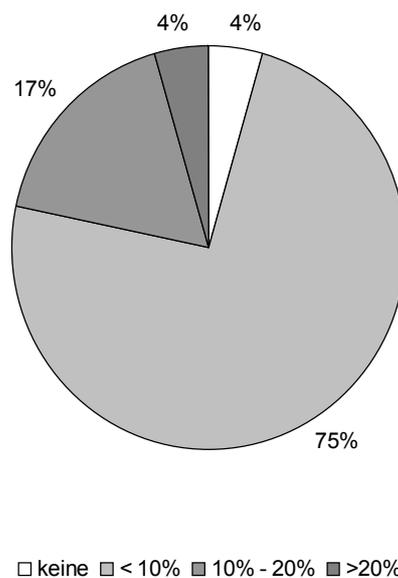
Bei den betrachteten Baustellen ist nur knapp ein Drittel der tatsächlichen Gefährdungen eingetreten. Dies ist auf den Arbeitseinsatz zurückzuführen, der im Hochgebirge vor allem nur während länger anhaltender Schönwetterphasen durchgeführt werden kann. Bei

Großbaustellen ist die Anzahl der eingetretenen Ereignisse durch den ganzjährigen Betrieb sowie die Lage und Größe der Baustellen wesentlich höher.



**Diagramm 18 Bauunterbrechungen durch Naturgefahren (anteilig zur Baudauer)**

Auffällig ist, dass die Ausfallzeiten durch Naturgefahren wesentlich geringer sind als die wetterbedingten Bauunterbrechungen. Häufigere und intensivere Witterungsschwankungen im Hochgebirge führen zu mehr Bauunterbrechungen durch größere Probleme bei der Baustellenversorgung und beim Materialeinbau.

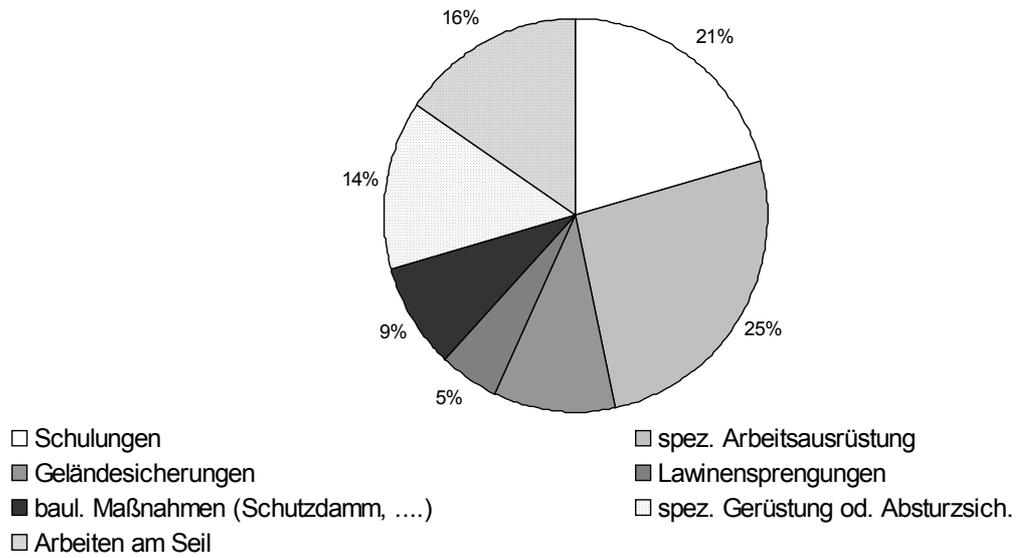


**Diagramm 19 Wetterbedingte Bauunterbrechungen (anteilig zur Baudauer)**

		GESAMT	Erarbeiten	Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten	Arbeiten	Untertage	Seilbahn- anlagen	Kraftwerks- anlagen
<b>Versorgung der Baustelle</b>									
Wie oft wurde die Baustelle mit Baumaterial und Verpflegung versorgt	täglich	14	2	0	5	2	3	2	
	wöchentlich	6	2	3	1	0	0	0	
	alle 2-3 Wochen	3	0	2	1	0	0	0	
Wie oft wurde die Baustelle mit Treibstoff versorgt	täglich	3	0	0	3	0	0	0	
	wöchentlich	13	3	3	2	2	3	0	
	alle 2-3 Wochen	4	0	0	2	0	0	2	
Wie lange konnte die Baustelle ohne Versorgung von außen betrieben werden	1-2 Tage	7	1	0	4	1	1	0	
	1 Woche	9	3	1	2	1	2	0	
	1-2 Wochen	5	0	3	1	0	0	1	
	3-4 Wochen	1	0	1	0	0	0	0	
	> 1 Monat	1	0	0	0	0	0	0	1
Wurden Geräte und Ersatzteile vorgehalten	ja	13	2	3	4	2	0	2	
	nein	10	2	2	3	0	3	0	
Wenn ja - Wie hoch waren die Vorhaltekosten im Vergleich zu den Baustellengemeinkosten	1-5%	4	0	2	1	1	0	0	
	5-15%	5	1	0	3	0	0	1	
	>15%	3	1	1	0	1	0	0	
Wie groß waren die zur Verfügung stehenden (einzelnen) Lagerflächen	<20m <sup>2</sup>	3	1	2	0	0	0	0	
	20 - 100 m <sup>2</sup>	5	0	2	3	0	0	0	
	>100m <sup>2</sup>	14	3	1	3	2	3	2	
Bau und Betrieb der Baustraße, des Verbindungsweges, der Versorgungseilbahn als Teil des Auftrages	ja	8	3	0	2	1	0	2	
	kein Auftrag	14	1	4	5	1	3	0	
Wenn ja - Art der Vergütung	gesondert	2	0	0	2	0	0	0	
	Teil der Baustelleneinrichtung	5	2	0	1	1	0	1	
	in Einheitspreisen	2	1	0	0	0	0	1	
Wenn abschätzbar - Wie hoch waren diese Kosten im Vergleich zu den Baustellengemeinkosten	1-5%	4	3	0	1	0	0	0	
	5-15%	1	0	0	0	0	0	1	
	>15%	2	0	0	1	1	0	0	

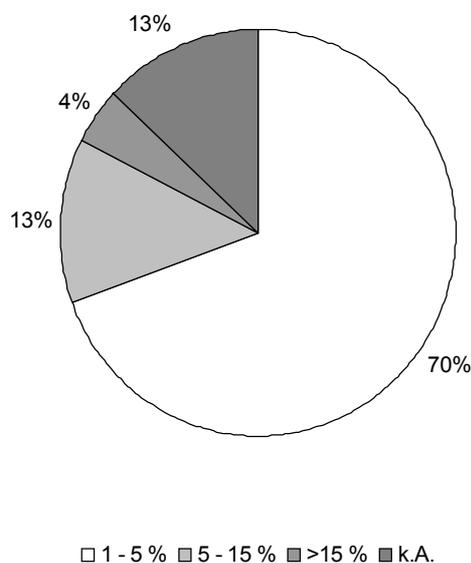
Tabelle 9 Fragebogen - Sicherheitsvorkehrungen

Die Art der getroffenen Sicherungsmaßnahmen ist sehr stark abhängig von den zu erwartenden Naturgefahren sowie von der Art der Bauarbeiten. Warnsysteme wurden nur bei Großbaustellen eingerichtet (Lawinenkommission,...), um die durchgehende Erreichbarkeit der Baustellen zu sichern. Bei der Gefährdung durch Steinschlag wurden kurzfristig, in Abhängigkeit von Arbeitszeit und geschätztem Gefährdungsgrad, Wachposten eingerichtet.



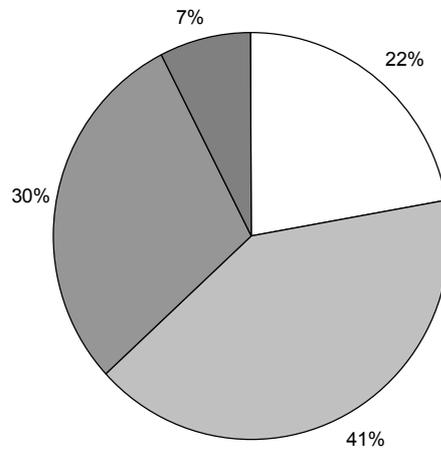
**Diagramm 20 Betroffene Sicherheitsvorkehrungen**

Bei der Größe der Kosten für die Sicherungsmaßnahmen anteilig zu den Gesamtkosten konnten keine allgemeinen Zusammenhänge erkannt werden. Allerdings steigen die anteiligen Kosten bei Baustellen mit Absturzgefährdung für Mensch und Maschine bis auf 15 % der Gesamtkosten an. Im Einzelfall betragen die Kosten für die Sicherheitsvorkehrungen durch Behördenauflagen (Aufrechterhaltung des Verkehrs bei Galeriebau, Seilvernetzungen) über 15 %.



**Diagramm 21 Kosten der Sicherungsmaßnahmen anteilig zu den Gesamtkosten**

Die Vergütung der Sicherungsmaßnahmen ist sehr unterschiedlich. Auch konnte nur bei 60 % der untersuchten Baustellen diese Frage beantwortet werden.



gesondert vergütet     in der Baustelleneinrichtung umgelegt     in die EP einkalkuliert     k.A.

#### Diagramm 22 Vergütung der Sicherungsmaßnahmen

Bei den Felssicherungen konnten Verlängerungen der Bauzeit von über fünf Prozent beobachtet werden. Im Allgemeinen hatten aber die Sicherungsvorkehrungen keinen großen Einfluss auf die Baudauer.

## 11.4 Leistungsfähigkeit

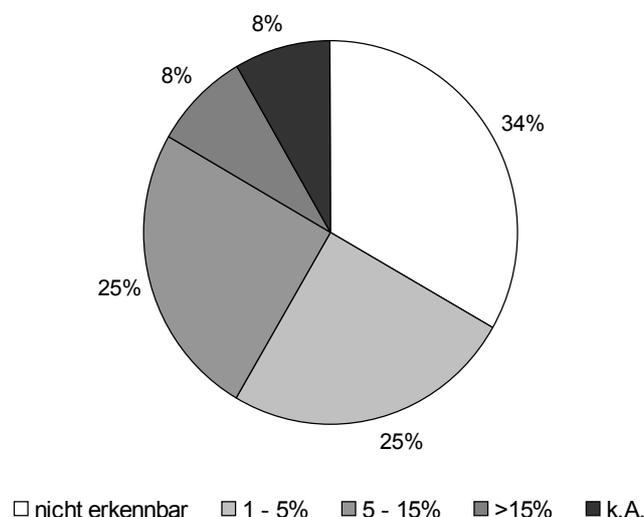
		GESAMT	Erdarbeiten	Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten	Arbeiten Unterlage	Selbstbahn- anlagen	Kraftwerks- anlagen
<b>Angaben zur Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers</b>								
Wurden die AN nach speziellen Kriterien ausgesucht (Erfahrung, körperliche Eignung)	nein	7	0	2	1	1	2	1
	ja	16	4	3	6	1	1	1
Konnte dadurch der Bauablauf beschleunigt werden	ja	12	3	1	5	1	1	1
	nein	9	1	4	1	1	1	1
Wenn ja, zur kalkulierten Leistung	1-5%	5	2	0	3	0	0	0
	5-15%	4	1	1	0	1	0	1
	>15%	0	0	0	0	0	0	0
War eine Leistungsminde- rung auf Grund der Höhenlage erkennbar	ja	12	2	3	5	1	0	1
	nicht erkennbar	8	2	0	2	1	2	1
Wenn ja, zur kalkulierten Leistung (Normalniveau)	1-5%	6	1	1	2	0	1	1
	5-15%	6	1	1	3	1	0	0
	>15%	2	0	1	0	1	0	0
	k.A.	2	0	2	0	0	0	0
Wurden Vorkehrungen für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit der AN getroffen	nein	7	1	2	2	2	0	0
	ja	15	3	2	5	0	3	2
Wenn ja	Verpflegung	13	3	0	5	0	3	2
	kornf. Unterkünfte	8	2	2	1	0	1	2
	verlängerte Ruhezeiten	1	0	0	1	0	0	0
	verstärkte med. Betreuung	2	0	0	1	0	0	1
	Unterhaltungseinrichtungen	4	0	0	1	0	1	2
Wenn ja - ergaben sich positive Auswirkungen auf den Betrieb der Baustelle	nein	1	1	0	0	0	0	0
	ja	10	2	0	4	0	2	2
	k.A.	7	0	0	0	0	0	0
Wenn abschätzbar - Wie hoch waren die erkennbaren Leistungssteigerung	1-5%	7	1	0	4	0	2	0
	5-15%	2	0	0	1	0	1	0
	>15%	0	0	0	0	0	0	0
Wenn abschätzbar - Wie hoch waren diese Kosten im Vergleich zu den Baustellengemeinkosten	1-5%	6	2	0	2	0	1	1
	5-15%	0	0	0	0	0	0	0
	>15%	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 10 Fragebogen – Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers

Bei der Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers gab es zwei Kriterien zu berücksichtigen. Zum einen die besonderen Umgebungsbedingungen (Klima, Gelände,...) und zum anderen die Höhenlage. Da aufgrund der allgemeinen Formulierung des Fragebogens die Fragestellung nicht immer gleich interpretiert wurde, wurden bei Unstimmigkeiten zusätzliche Auskünfte bei den befragten Firmen eingeholt. Grundsätzlich konnten folgende Tendenzen festgestellt werden:

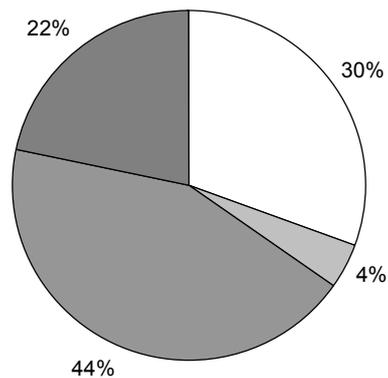
- Meist wird schon alpin erfahrenes Personal bei Bauvorhaben in Höhenlagen eingesetzt. Dementsprechend kann auch der Kalkulant mit angepassten Leistungswerten kalkulieren.
- Wird dies nicht berücksichtigt, ergeben sich (auch nicht höhengebundene) Leistungsminderungen.
- Da es sich um „besonderes Personal“ handelt, spiegelt sich das in den Stundensätzen (freiwillige Zulagen bis 20 %) sowie der Versorgung vor Ort wieder (Verpflegung, Unterkünfte)
- Vor allem bei Spezialeinsätzen (Felssicherungen, Spezialtiefbau, Seilbahnbau,...) verfügen die Arbeitnehmer über hohe Fachqualifikation und große Erfahrung, wodurch kaum Leistungsminderungen erkennbar sind
- Betonarbeiten sowie Erdarbeiten werden meist durch ortsansässige Bauunternehmen durchgeführt (Personal mit Ortskenntnis und Bergerfahrung)

Eine Verringerung der Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers im Vergleich zu Arbeiten in Tallage war erst ab einer Höhe von 2.500 m ü.A. erkennbar. Ab 3.000 m ü.A. waren zum Teil Leistungsminderungen über 15 % erkennbar.



**Diagramm 23 Verringerung der Leistungsfähigkeit von AN auf Grund der Höhenlage**

Feststellbar war, dass einer Leistungsminderung mit einfachen Vorkehrungen für den Erhalt der Leistungsfähigkeit entgegengesteuert werden konnte (Verpflegung, Unterkünfte). Bei der Unterbringung vor Ort wirkte sich das Vorhandensein von Unterhaltungseinrichtungen positiv auf die Leistungsfähigkeit aus.



keine Maßnahmen     keine positiven Auswirkungen erkennbar     positive Auswirkungen erkennbar     k.A.

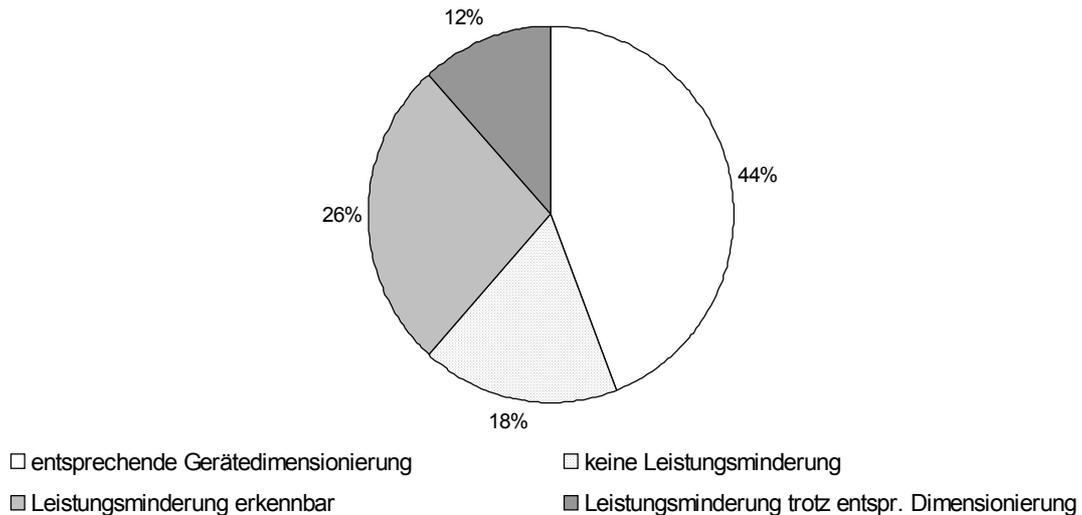
**Diagramm 24 Auswirkungen von Vorkehrungen a. d. Erhalt der Leistungsfähigkeit der AN**

			GESAMT	Erarbeiten	Sicherungen / Spezialtiefbau	Betonarbeiten	Arbeiten Unterlage	Seilbahn- anlagen	Kraftwerks- anlagen
<b>Angaben zur Leistungsfähigkeit der Gerätschaft</b>									
Wurden die Gerätetypen der Höhenlage entsprechend gewählt (Luftdruck, Lufttemperatur, Schnee...)	nein	8	2	0	4	1	1	0	
	ja	15	2	5	3	1	2	2	
Wenn nein - War eine Leistungsminderung der Geräte auf Grund der Höhenlage erkennbar	nein	8	1	0	3	0	2	2	
	ja	13	3	3	4	2	1	0	
Wenn ja - anteilig zur kalkulierten Leistung (Seehöhe)	1-5%	4	0	0	2	1	1	0	
	5-15%	8	3	3	2	0	0	0	
	>15%	1	0	0	0	1	0	0	
Wurden spezielle Vorkehrungen für die Instandhaltung der Geräte getroffen	nein	9	2	0	3	2	2	0	
	ja	14	2	5	4	0	1	2	
Wenn ja	verkürzte Wartungsintervalle	10	2	2	2	0	2	2	
	spez. Schmiermittel / Treibstoffe	12	1	3	4	0	2	2	
	Garagen, Unterstände	2	0	0	0	0	0	2	
Wenn nein - ev. aufgetretene Probleme		1	0	1	0	0	0	0	
Welche Art von Motor kam zum Einsatz	Elektro	11	0	2	6	0	3	0	
	Diesel	23	4	5	7	2	3	2	
Welche Auswahlkriterien waren entscheidend	Art der Bauleistung	15	4	4	3	0	2	2	
	Leistungsverlust bei Dieselmotor	4	0	1	1	0	2	0	
	Vorhand. Stromversorgung	4	0	0	1	2	1	0	

**Tabelle 11 Fragebogen - Leistungsfähigkeit der Gerätschaft**

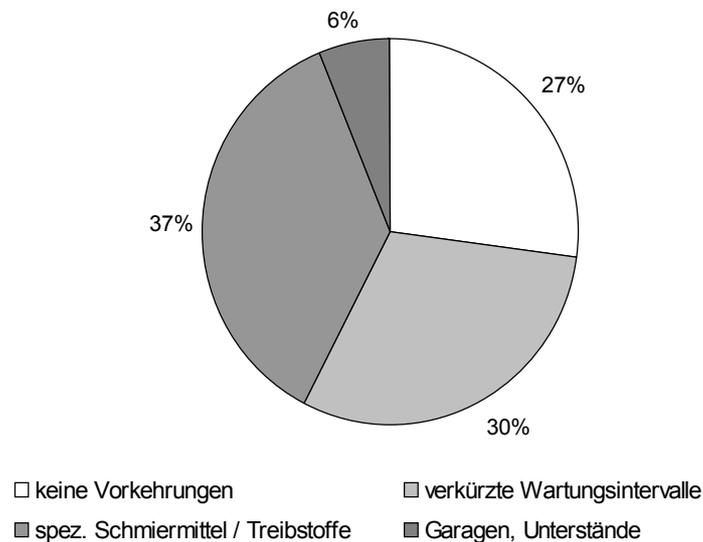
Leistungsminderungen trotz einer der Höhenlage (Luftdruck) angepassten Dimensionierung der Geräte kamen bei Baustellen mit besonderen Gegebenheiten zum Tragen. Zu diesen zählten extrem exponierte Lage, Absturzgefährdung, erschwerte Baustellenversorgung (Materialseilbahn, Hubschrauber, Pistenraupe), Behördenauflagen sowie Witterungseinflüsse (z.B. Einfrieren von Hydraulikleitungen). Der Einfluss auf die Geräteleistung aufgrund der Gerätebedienung wurde nicht getrennt befragt.

Große Leistungsverluste traten vor allem bei Kompressoren auf, da diese generell über eine geringe Leistungsreserve (knappe Motorenbemessung) verfügen (siehe auch Kapitel 5.3).



**Diagramm 25 Geräteleistung in Abhängigkeit der Höhenlage**

Bei der Geräteinstandhaltung spielte die Situierung der Baustelle eine große Rolle. Bei Baustellen, welche leicht erreichbar waren (Zufahrt, Höhenlage <2.500 m ü.A) wurden keine besonderen Vorkehrungen für die Instandhaltung getroffen. Bei einer Baustelle kam es zum Einfrieren der Hydraulikleitungen eines Bohrwagens (ca. 3.200 m ü.A). Bei ganzjährigen Baustellen konnten die Fahrzeuge geschützt abgestellt werden (Garagen, Tunnelportal,...)



**Diagramm 26 Geräteinstandhaltung**

Bei zwei Drittel der Baustellen wurden verkürzte Wartungsintervalle und / oder der Einsatz spezieller Schmiermittel sowie Treibstoffe als zusätzliche Maßnahmen für die Geräteinstandhaltung genannt.

## 11.5 Zusammenfassung des Fragebogen

Der Fragebogen gliedert sich in vier Teilabschnitte. Im ersten Teil werden die Projektdaten erhoben, insbesondere die Art der Baustelle und deren Lage und Erreichbarkeit. Im zweiten Abschnitt werden Fragen betreffend der Baustellenversorgung gestellt. Hierzu zählen neben der Art der Wasser- und Stromversorgung auch die Häufigkeit der Baustellenversorgung oder die Einrichtung von Zufahrtswegen. Anschließend wird der Einfluss von Wetter, Naturgefahren und Sicherheitsmaßnahmen erfragt. Den Abschluss bildet eine Fragengruppe zur Leistungsfähigkeit von Arbeitnehmern und Baugeräten. Um die unterschiedlichsten Baustellenarten erfassen zu können, ist die Fragestellung allgemein gehalten.

Durch die Auswertung der Fragebögen war es möglich einen Überblick über den Bauablauf und Baubetrieb von Baustellen im alpinen Gelände zu gewinnen. Bei der Auswertung wurden die Baustellen unter anderem dahingehend verglichen, ob eine Höhenabhängigkeit der Leistungsfähigkeit (Arbeitnehmer, Baugeräte) gegeben ist. Hierbei konnte über alle Baustellenarten eine allgemeine Tendenz zur Abnahme der Leistung mit steigender Höhenlage beobachtet werden. Zusätzlich wurden Einflussfaktoren für die Kalkulation und den Bauablauf bei Baufirmen erfragt (vgl. Kapitel 11.4).

Eine allgemein verbindliche Aussage über die maßgeblichen umgebungsspezifischen Einflussfaktoren für die Planung, die Kalkulation und den Betrieb kann durch die Auswertung der Fragebögen nicht getroffen werden.

Gründe dafür sind die Komplexität der Baubedingungen und die unterschiedlichen, sehr spezifischen Faktoren für die einzelnen Bauprojekte.

## 12 Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich sowohl mit den Grundlagen als auch mit Lösungsansätzen für das Bauen im alpinen Gelände.

Anzutreffende Bauwerke im alpinen Gelände sind zum einen Bauten für die touristische Nutzung, zum anderen dienen sie der Energiegewinnung. Weiters sind noch Schutz- sowie Infrastrukturbauten zu nennen.

Aufgrund der Topographie und Höhenlage herrschen im Gebirge spezielle klimatische Bedingungen, welche sich negativ auf den Bauablauf auswirken können. Hierzu zählen vor allem der abnehmende Luftdruck und das Abnehmen der Lufttemperatur mit steigender Seehöhe. Durch schnelle Wetterwechsel ist bei Bauausführungen im alpinen Gelände vermehrt mit Schlechtwetter – und somit mit Bauunterbrechungen – zu rechnen.

Zusätzlich spielt die Gefährdung durch Naturgefahren eine wesentliche Rolle bei der Planung und Ausführung von Bauprojekten. Vor allem bei der Ablaufplanung sind mögliche Unterbrechungen bei der Versorgung von Baustellen (Lawinensperre von Zufahrtswegen) zu berücksichtigen. Je nach Dauer und Art der Tätigkeit sind bei möglichen Gefährdungen Schutzvorkehrungen zu treffen. Diese werden der eigentlichen Bautätigkeit vorgezogen oder sind im Zuge dieser zu treffen.

Durch die oben genannten klimatischen Bedingungen ergibt sich eine Minderung der Leistungsfähigkeit von Baumaschinen (Motoren und Kompressoren). Bei der Gerätedimensionierung sind daher die Eingangsparameter den jeweiligen Einsatzbedingungen anzupassen. Ebenso können ab Höhen von 2.500 m ü.A. auch physiologisch bedingte Leistungsminderungen bei Arbeitnehmern auftreten, diese sind vor allem auf den geringen Luftdruck und die damit verbundenen Probleme mit der Sauerstoffzufuhr zurückzuführen.

Bedingt durch die Schutzwürdigkeit des alpinen Raumes ist eine Vielzahl von rechtlichen Vorschriften zu beachten. Diese sind neben den baurechtlichen vor allem die wasser-, natur-, umweltschutz- sowie forstrechtlichen Vorschriften.

Bei der Objekt- bzw. baubetrieblichen Planung eines Projektes ist es von wesentlicher Bedeutung alle möglichen Einflussfaktoren im Vorfeld zu erfassen und deren negative Auswirkungen zu minimieren.

Bei der Baustelleneinrichtung betrifft das im Wesentlichen die Baustellenversorgung (Bau und Instandhaltung von Zufahrtswegen; weglose Versorgung) und die Ausstattung in Bezug auf Witterungseinflüsse und Naturgefahren.

Auswirkungen auf den Baubetrieb haben neben den klimatischen Bedingungen in Hinblick auf die Leistungsfähigkeit von Baugeräten und Arbeitnehmern auch die Sonderaufwendungen wie z.B. für die Betonherstellung, die Lagerhaltung oder die Baustellenzufahrten.

Aufgrund der lokalen Umstände sind Baustellen im alpinen Gelände nicht miteinander vergleichbar. Planung und Bauausführung sind jeweils an die örtlichen Umweltbedingungen anzupassen. Für eine erfolgreiche Baudurchführung im alpinen Gelände ist eine in Höhenbaustellen erfahrene, eingespielte Mannschaft unerlässlich. Dies gilt auch in Hinblick auf das rechtzeitige Erkennen von alpinen Gefahren.

## Quellenverzeichnis

- [1] Vorarlberger Illwerke AG, <http://www.kopswerk2.at>, 16.10.2008
- [2] Energie- und Wirtschaftsbetriebe der Gemeinde St. Anton GmbH,  
<http://www.ewa-gmbh.at>, 16.10.2008
- [3] Freie Enzyklopädie, [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org) , 16.10.2008
- [4] Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, Meyers Lexikon Online,  
<http://lexikon.meyers.de>, 16.10.2008
- [5] Kuchling Horst, Taschenbuch der Physik, 17.Auflage, Leipzig, Carl Hanser Verlag, 2007
- [6] EWC Weather Consult GmbH, [www.weather-consult.com](http://www.weather-consult.com), 16.10.2008
- [7] DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3)
- [8] NÖ Zivilschutzverband, [www.noezsv.at](http://www.noezsv.at), 16.10.2008
- [9] Alpines Sicherheits- und Informationszentrum, [www.alpinesicherheit.com](http://www.alpinesicherheit.com), 16.10.2008
- [10] Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, [www.slf.ch](http://www.slf.ch), 16.10.2008
- [11] Atlas Copco, Handbuch der Drucklufttechnik, 6. Ausgabe
- [12] Schmidt Robert F. /Thews Gerhard / Lang Florian, Physiologie des Menschen,  
28. Auflage, Berlin, Springer, 2000
- [13] Schobesberger Wolfgang, Gesundheitsstörungen in großen Höhen,  
in OEAV-Mitteilungen, Innsbruck, 1/90, S.11
- [14] Schweizer Andreas, Höhenmedizin, [www.turntillburn.ch](http://www.turntillburn.ch), 16.10.2008
- [15] Senn Tamara 2003, Höhenflug und Tiefstleistung, in Gleitschirm, Wels, 9/03, S. 50
- [16] Gesetz über die Lawinenkommissionen, Tiroler LGBl Nr. 104/1991 idgF
- [17] Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe, 1. Mai 2008
- [18] Kollektivvertrag für Angestellte der Baugewerbe und der Bauindustrie, 1. Mai 2008
- [19] Toussaint Erwin, Praktische Baustelleneinrichtung, Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn KG,  
1984

## Bildquellen

Abbildung 1 Vorarlberger Illwerke AG

Abbildung 2 Energie- und Wirtschaftsbetriebe der Gemeinde St. Anton GmbH

Abbildung 3 Institut für Ingenieurgeologie, Technische Universität Wien

Abbildung 6 German Wikipedia

Abbildung 9 Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung

Abbildung 11 Fa. Deutz AG

Abbildung 12 Fa. Atlas Copco

Abbildung 13 Fa. Deutz

Abbildung 14 Fa. Atlas Copco

Abbildung 15 Fa. Atlas Copco

Abbildung 22 Vorarlberger Illwerke AG

Abbildung 24 Fa. Liebherr

Abbildung 25 [19], S. 38 Toussaint Erwin

Alle anderen Abbildungen: Verfasser

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1 Schemaübersicht KW Kops II (VIW) .....	13
Abbildung 2 Speicher Kartellboden (EWA) .....	15
Abbildung 3 Dammbau (IG, TU Wien).....	15
Abbildung 4 Lufttemperatur - Jahresganglinie.....	21
Abbildung 5 Windchill - Effekt.....	22
Abbildung 6 Föhnbildung (German Wikipedia).....	24
Abbildung 7 Felsvernetzung .....	31
Abbildung 8 Steinschlagnetz .....	31
Abbildung 9 Europäische Lawinengefahrenskala .....	34
Abbildung 10 Lawinenverbauung .....	35
Abbildung 11 Leistungsreduktion von Motoren .....	41
Abbildung 12 Leistungsreduktion von Verbrennungsmotoren.....	41
Abbildung 13 Leistungsreduktion von Stromaggregaten.....	42
Abbildung 15 Reduktion von Volumen- und Massenstrom bei Kompressoren .....	44
Abbildung 16 Straßentransport.....	61
Abbildung 17 Transport mit Panzerfahrzeug .....	61
Abbildung 18 Baggertransport mittels Materialseilbahn .....	62
Abbildung 19 Betonflug .....	63
Abbildung 20 Einbruch in Gletscherspalte .....	64
Abbildung 21 Materialumschlag .....	67
Abbildung 22 Lagerbereich Tafamunt .....	67
Abbildung 23 Kran – Wintereinsatz.....	68
Abbildung 24 Raupenkran.....	68
Abbildung 25 Schneebrettsichere Ausbildung eines Magazins.....	69
Abbildung 26 Zugangsweg - Seilsicherung .....	72
Abbildung 27 Arbeitsplatzsicherung Ankerarbeiten.....	73
Abbildung 28 Steigturm .....	73
Abbildung 29 Sommerlicher Schneefall .....	76
Abbildung 30 Baggerarbeiten im unwegsamen Gelände .....	78
Abbildung 31 Felssicherungsarbeiten .....	79

---

Tabelle 1 Verhältnis Seehöhe - Luftdruck .....	21
Tabelle 2 Windstärken.....	23
Tabelle 3 Lasttabelle (Fa. Wucher Helicopter GmbH) und Kosten für Flugtransporte .....	63
Tabelle 4 Fragebogen - Angaben zu Bauprojekt.....	81
Tabelle 5 Fragebogen - Angaben zu Bauprojekt.....	84
Tabelle 6 Fragebogen – Versorgung der Baustelle.....	87
Tabelle 7 Fragebogen – Stromversorgung / Wasserver- und -entsorgung .....	91
Tabelle 8 Fragebogen – Umwelteinflüsse .....	93
Tabelle 9 Fragebogen - Sicherheitsvorkehrungen .....	96
Tabelle 10 Fragebogen – Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers .....	99
Tabelle 11 Fragebogen - Leistungsfähigkeit der Gerätschaft .....	102

Diagramm 1 Art der untersuchten Baustelle (Untergruppen) .....	82
Diagramm 2 Anzahl der Beschäftigten .....	82
Diagramm 3 Höhenlage der Baustellen .....	83
Diagramm 4 Erreichbarkeit der Baustellen.....	83
Diagramm 5 Dauer der Anreise zur Baustelle .....	85
Diagramm 6 Baudauer der Baustellen .....	85
Diagramm 7 Auftragsvolumen der Baustellen.....	86
Diagramm 8 Häufigkeit der Baustellenversorgung mit Baumaterial .....	88
Diagramm 9 Baustellenbetrieb ohne Versorgung .....	88
Diagramm 10 Vorhaltekosten im Verhältnis zu den BstGK.....	89
Diagramm 11 Größe der einzelnen Lagerflächen .....	89
Diagramm 12 Errichtung und Vergütung der Versorgungswege.....	90
Diagramm 13 Kosten der Versorgungswege (anteil. BstGK) .....	90
Diagramm 14 Stromversorgung .....	92
Diagramm 15 Wasserversorgung.....	92
Diagramm 16 Gefährdung durch Naturgefahren .....	94
Diagramm 17 Eingetretene Naturgefahren .....	94
Diagramm 18 Bauunterbrechungen durch Naturgefahren (anteilig zur Baudauer).....	95
Diagramm 19 Wetterbedingte Bauunterbrechungen (anteilig zur Baudauer) .....	95
Diagramm 20 Getroffene Sicherheitsvorkehrungen .....	97
Diagramm 21 Kosten der Sicherungsmaßnahmen anteilig zu den Gesamtkosten.....	97
Diagramm 22 Vergütung der Sicherungsmaßnahmen.....	98
Diagramm 23 Verringerung der Leistungsfähigkeit von AN auf Grund der Höhenlage.....	100
Diagramm 24 Auswirkungen von Vorkehrungen a. d. Erhalt der Leistungsfähigkeit der AN101	
Diagramm 25 Geräteleistung in Abhängigkeit der Höhenlage .....	103
Diagramm 26 Geräteinstandhaltung .....	103

## Anhang

**Angaben zum Bauprojekt**

Bitte einfach ankreuzen



Um welches Bauprojekt handelt es sich (wird nur für interne Zwecke verwendet)

x

Art der Baustelle	Erdarbeiten	<input type="checkbox"/>	Fels-, Steinschlag- od. Lawinensich.	<input type="checkbox"/>	Talsperren Hochbau, (Beton)	<input type="checkbox"/>
	Arbeiten Untertage	<input type="checkbox"/>	Seilbahnanlagen	<input type="checkbox"/>		

Anzahl der Beschäftigten	1-5	<input type="checkbox"/>	5-10	<input type="checkbox"/>	>10	<input type="checkbox"/>
--------------------------	-----	--------------------------	------	--------------------------	-----	--------------------------

Baustelleneinrichtung	Container	<input type="checkbox"/>	Baracken	<input type="checkbox"/>	Werkstätte	<input type="checkbox"/>
	Personalunter- künfte / Kantine	<input type="checkbox"/>	Lagerflächen	<input type="checkbox"/>		

Lage der Baustelle	1750 - 2500 m ü.A	<input type="checkbox"/>	2500 - 3000 m.ü.A	<input type="checkbox"/>	>3000 m.ü.A	<input type="checkbox"/>
	Talgrund, Kar, Terrasse	<input type="checkbox"/>	Hanglage	<input type="checkbox"/>	Exponiert (Grat, Gipfel)	<input type="checkbox"/>

Überwiegende Erreichbarkeit der Baustelle	Strasse / Fahrweg	<input type="checkbox"/>	Seilbahn	<input type="checkbox"/>	Hubschrauber	<input type="checkbox"/>
	Fussweg	<input type="checkbox"/>	Pistenraupe	<input type="checkbox"/>		

Wie erfolgte die Anreise auf die Baustelle	täglich	<input type="checkbox"/>	wöchentlich	<input type="checkbox"/>	monatlich	<input type="checkbox"/>
--	---------	--------------------------	-------------	--------------------------	-----------	--------------------------

Wie lange dauerte die Anreise	<1 Std	<input type="checkbox"/>	1 - 2 Std	<input type="checkbox"/>	>2 Std	<input type="checkbox"/>
-------------------------------	--------	--------------------------	-----------	--------------------------	--------	--------------------------

Betrieb der Baustelle	ganzjährig	<input type="checkbox"/>	saisonal (Anz. der Mon.)	<input type="checkbox"/>	x	<input type="checkbox"/>
-----------------------	------------	--------------------------	-----------------------------	--------------------------	---	--------------------------

Art des Arbeitseinsatzes	Schichtbetrieb	<input type="checkbox"/>	Wochenbetrieb	<input type="checkbox"/>	Dekadenbetrieb	<input type="checkbox"/>
--------------------------	----------------	--------------------------	---------------	--------------------------	----------------	--------------------------

Auftragsvolumen	<50.000 €	<input type="checkbox"/>	50.000 bis 250.000 €	<input type="checkbox"/>	250.000 bis 1 Mio €	<input type="checkbox"/>
	> 1 Mio €	<input type="checkbox"/>	event. Angabe	x		

**Winterbetrieb (nur im Falle zu beantworten)**

Welche Massnahmen wurden getroffen, um den Winterbetrieb zu gewährleisten	Schneeräumung	<input type="checkbox"/>	erhöhte Lagerhaltung	<input type="checkbox"/>	Quartiere vor Ort	<input type="checkbox"/>
	Seilbahn	<input type="checkbox"/>				

Konnte die Baustelle im Notfall erreicht werden (Unfall, Krankheit, Naturgefahr,...)	nein	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>		
--	------	--------------------------	----	--------------------------	--	--

Wenn ja - über	Strasse / Fahrweg	<input type="checkbox"/>	Seilbahn	<input type="checkbox"/>	Hubschrauber	<input type="checkbox"/>
	Fussweg	<input type="checkbox"/>	Pistenraupe	<input type="checkbox"/>		

War ein Arzt vor Ort	nein	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>		
----------------------	------	--------------------------	----	--------------------------	--	--

**Versorgung der Baustelle**

Wie oft wurde die Baustelle mit Baumaterial und  
Verpflegung versorgt

täglich  wöchentlich  alle 2 - 3 Wochen

Wie oft wurde die Baustelle mit Treibstoff versorgt

täglich  wöchentlich  alle 2 - 3 Wochen

Wie lange konnte die Baustelle ohne Versorgung von außen  
betrieben werden.

1 - 2 Tage  1 Woche  1 - 2 Wochen   
3 - 4 Wochen  > 1 Monat

Wurden Geräte und Ersatzteile vorgehalten

nein  ja

Wenn ja - Wie hoch waren die Vorhaltekosten im Vergleich  
zu den Baustellengemeinkosten

1-5%  5-15%  >15%

Wie gross waren die zur Verfügung stehenden (einzelnen)  
Lagerflächen

<20m<sup>2</sup>  20 - 100 m<sup>2</sup>  >100m<sup>2</sup>

Bau und Betrieb der Baustrasse, des Verbindungsweges,  
der Versorgungsseilbahn als Teil des Auftrages

nein  ja

Wenn ja - Art der Vergütung

gesondert  Teil der Baustellen-  
einrichtung  in Einheitspreisen

Wenn abschätzbar - Wie hoch waren diese Kosten im  
Vergleich zu den Baustellengemeinkosten

1-5%  5-15%  >15%

**Stromversorgung**

War eine Stromversorgung erforderlich

nein  ja

Wie wurde die Stromversorgung gewährleistet

vor Ort  Zuleitung

War eine Notstromversorgung vorhanden

nein  ja

Wenn ja - wie lange konnte damit die Baustelle betrieben  
werden

1-5 Std  1-2 AT  >2 AT

**Wasserver- und -entsorgung**

War eine Wasserversorgung erforderlich

nein  ja

Wenn ja

Trinkwasser  Brauchwasser  Löschwasser

Wie wurde die Wasserversorgung gewährleistet

vor Ort  Zuleitung

Abwasserbeseitigung

Ableitung ins Tal  Reinigungsanlage  
vor Ort

Einsatz von Trocken - WC

nein  ja

**Angaben zu Umwelteinflüssen**

Welchen Naturgefahren war die Baustelle ausgesetzt

Steinschlag	<input type="checkbox"/>	Muren / Hochwasser	<input type="checkbox"/>	Lawinen	<input type="checkbox"/>
Blitzschlag	<input type="checkbox"/>	andere	X _____		

Welche Ereignisse traten ein

Steinschlag	<input type="checkbox"/>	Muren / Hochwasser	<input type="checkbox"/>	Lawinen	<input type="checkbox"/>
Blitzschlag	<input type="checkbox"/>	andere	X _____		

Kam es zu wetterbedingten Unterbrechungen (Niederschlag, Wind, Nebel, Lufttemperatur ...)

nein	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>
------	--------------------------	----	--------------------------

Wenn ja - anteilig zur Baudauer

< 10%	<input type="checkbox"/>	10% - 20%	<input type="checkbox"/>	>20% (event. Angabe)	<input type="checkbox"/>
-------	--------------------------	-----------	--------------------------	----------------------	--------------------------

Kam es zu umweltbedingten Unterbrechungen (Lawinenwarnung, Wintereinbruch, Muren,...)

nein	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>
------	--------------------------	----	--------------------------

Wenn ja - anteilig zur Baudauer

< 10%	<input type="checkbox"/>	10% - 20%	<input type="checkbox"/>	>20% (event. Angabe)	<input type="checkbox"/>
-------	--------------------------	-----------	--------------------------	----------------------	--------------------------

Wurden diese Unterbrechungen in der Ausschreibung berücksichtigt

nein	<input type="checkbox"/>	ja, in den Vorbemerkungen	<input type="checkbox"/>	ja, in getrennten Positionen	<input type="checkbox"/>
------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------

Welchen Kostenanteil machten diese Stilliegezeiten an den Gesamtkosten aus

1-5%	<input type="checkbox"/>	5-15%	<input type="checkbox"/>	>15%	<input type="checkbox"/>
------	--------------------------	-------	--------------------------	------	--------------------------

**Angaben zu Sicherheitsvorkehrungen**

Welche Sicherheitsmassnahmen wurden getroffen

Schulungen	<input type="checkbox"/>	spez. Arbeitsausrüstung	<input type="checkbox"/>	Geländesicherungen	<input type="checkbox"/>
Lawinsprengungen	<input type="checkbox"/>	baul. Massnahmen (Schutzdamm, ...)	<input type="checkbox"/>	spez. Gerüstung od. Absturzsich.	<input type="checkbox"/>
Arbeiten am Seil	<input type="checkbox"/>				

Wurden Warnsysteme installiert

ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
elektronische Überwachung	<input type="checkbox"/>	Wachposten	<input type="checkbox"/>

Welchen Kostenanteil machten die Sicherheitsmassn. an den Gesamtkosten aus (lt. ANSchG, behödr. Auflagen,...)

1-5 %	<input type="checkbox"/>	5-15 %	<input type="checkbox"/>	>15 %	<input type="checkbox"/>
-------	--------------------------	--------	--------------------------	-------	--------------------------

Wurden die Aufwendungen für die Sicherungsmassnahmen

gesondert vergütet	<input type="checkbox"/>	in der Baustelleneinrichtung umgelegt	<input type="checkbox"/>	in die EP einkalkuliert	<input type="checkbox"/>
--------------------	--------------------------	---------------------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------

Wie wirken sich die getroffenen Sicherheitsvorkehrungen auf den Bauablauf aus

keine Auswirkungen	<input type="checkbox"/>	Verlängerung der Baudauer <5%	<input type="checkbox"/>	Verläng. der Baudauer >5%	<input type="checkbox"/>
--------------------	--------------------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------

**Angaben zur Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers**

Wurden die AN nach speziellen Kriterien ausgesucht (Erfahrung, körperliche Eignung)	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Konnte dadurch der Bauablauf beschleunigt werden	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Wenn ja - anteilig zur kalkulierten Leistung	1-5% <input type="checkbox"/>	5-15% <input type="checkbox"/>	>15% <input type="checkbox"/>
War eine Leistungsminderung auf Grund der Höhenlage erkennbar	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, zur kalkulierten Leistung (Normalniveau)	1-5% <input type="checkbox"/>	5-15% <input type="checkbox"/>	>15% <input type="checkbox"/>
Wurden Vorkehrungen für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit der AN getroffen	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Wenn ja	Verpflegung <input type="checkbox"/>	komf. Unterkünfte <input type="checkbox"/>	verlängerte Ruhezeiten <input type="checkbox"/>
	verstärkte med. Betreuung <input type="checkbox"/>	Unterhaltungseinrichtungen <input type="checkbox"/>	
Wenn ja - ergaben sich positive Auswirkungen auf den Betrieb der Baustelle	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Wenn abschätzbar - Wie hoch waren die erkennbaren Leistungssteigerung	1-5% <input type="checkbox"/>	5-15% <input type="checkbox"/>	>15% <input type="checkbox"/>
Wenn abschätzbar - Wie hoch waren diese Kosten im Vergleich zu den Baustellengemeinkosten	1-5% <input type="checkbox"/>	5-15% <input type="checkbox"/>	>15% <input type="checkbox"/>

**Angaben zur Leistungsfähigkeit der Gerätschaft**

Auf welche Baugeräte beziehen sich die Angaben	X _____		
Wurden die Gerätetype der Höhenlage entsprechend gewählt (Luftdruck, Lufttemperatur, Schnee...)	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Wenn nein - War eine Leistungsminderung der Geräte auf Grund der Höhenlage erkennbar	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Wenn ja - anteilig zur kalkulierten Leistung (Seehöhe)	1-5% <input type="checkbox"/>	5-15% <input type="checkbox"/>	>15% <input type="checkbox"/>
Wurden spezielle Vorkehrungen für die Instandhaltung der Geräte getroffen	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	
Wenn ja	verkürzte Wartungsintervalle <input type="checkbox"/>	spez. Schmiermittel/Treibstoffe <input type="checkbox"/>	Garagen, Unterstände <input type="checkbox"/>
Wenn nein - ev. aufgetretene Probleme	X _____		
Welche Art von Motor kam zum Einsatz	Elektro <input type="checkbox"/>	Diesel <input type="checkbox"/>	
Welche Auswahlkriterien waren entscheidend	Art der Bauleistung <input type="checkbox"/>	Leistungsverlust bei Dieselmotor <input type="checkbox"/>	Vorhand. Stromversorg. <input type="checkbox"/>